

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBACA *ERROR* KWH METER BERBENTUK *PORTABLE* BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51



Disusun Oleh :

NAMA : Ristanto Rahajo

NIM : 03.52.031



**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBACA ERROR KWH METER BERBENTUK PORTABLE BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51



Di Susun Oleh :

NAMA : Ristanto Raharjo

NIM : 03.52.031

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro ST DIII



Ir. Choirul Saleh, MT

Menyetujui,

Dosen pembimbing

Ir. Widodo Pudji M, MT

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO ST D-III
KONSENTRASI ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2007

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan dan melimpahkan Rahmat serta Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini Yang berjudul :

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBACA ERROR KWH METER BERBENTUK PORTABLE BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89C51

Kami juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir.Abraham Lommi, MSEE. selaku rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir.Chirul shaleh selaku ketua jurusan Teknik Elektro ST DIII Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Abdul hamid MT,selaku dosen wali.
4. Bapak Ir.Widodo Pudji M,MT. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Seluruh pihak-pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dan sangat jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun.

Malang, 7 Maret 2007

Penulis

ABSTRAK

“Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk *Portable* Berbasis Mikrokontroler AT89C51” Ristanto Raharjo, 03.52.031, Tugas Akhir, Teknik Energi Listrik DIII, Institut Teknologi Nasional Malang, Pembimbing Bpk Ir. Widodo Puji M, MT.

1. Penurunan ketelitian mengakibatkan kemungkinan terjadinya kesalahan pencatatan energi yang dipakai oleh konsumen. Suatu kWh meter seharusnya di cek tingkat kesalahannya sesuai SK Dir PLN No.025/DIR/74 tanggal 28 September 1974, yang menetapkan bahwa untuk kWh meter satu fasa harus dikalibrasi 8 tahun sekali. Laporan Tugas Akhir ini membahas tentang pembacaan eror KWH meter yang mana tiap KWH meter yang terpasang belum tentu benar, hal ini yang perlu dibahas terdiri dari IC AT89C51, LCD, sensor Optocoupler, dan peletakan sensor. Sensor ini dapat mendeteksi putaran piringan KWH meter apabila sensor menenai lubang, sehingga kita dapat mengetahui kesalahan dari putaran piringan kWh meter.
2. Alat pembaca *error* kWh meter berbentuk *portable* adalah Alat yang mampu mendeteksi kesalahan putaran piringan kWh meter, dengan menggunakan sensor yang terdiri dari laser diode sebagai pemancar sinar laser, dan photo diode sebagai penerima, sehingga dengan program mikro nilai error dapat di tampilkan di LCD. Keuntungan dari Alat ini adalah selain dapat digunakan sebagai Alat pembaca *error* kWh meter juga dapat di gunakan untuk penerakaan kWh meter meter 1 fasa, dengan cara mengatur putaran piringan sehingga hasil *error* yang di tampilkan dalam LCD berubah menjadi normal. untuk pengkalibrasian kWh meter, PLN mempunyai prosedur yang sangat rumit. Antara lain kWh meter harus dikalibrasi pada kamar tera yaitu suatu ruangan khusus milik PLN sehingga kWh meter harus di bongkar dari OAK KAS atau kotak APP (Alat Pencatat dan Pembatas) untuk ditera dan setelah dilakukan peneraan kWh meter siap untuk dipakai kembali. Berdasarkan alasan tersebut di atas, maka dirancang dan dibuat suatu Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk *Portebele* Berbasis Mikrokontroller yang dipakai oleh pelanggan listrik tanpa terlebih dulu membongkar kWh meter dari kotak OAK KAS.
3. Alat ukur yang dihasilkan ini menggunakan sensor berupa optocoupler yang menyensor putaran cakram pada kWh tersebut, yang harus dijalankan guna mendapatkan pulsa yang dapat dihitung oleh IC AT89C51 sebagai pengolah data yang kemudian ditampilkan oleh LCD. LCD yang digunakan type M1632 tersebut, karena pada LCD hanya menampilkan kesalahan dari putaran piringan berukuran 16 x 2. Pengkondisi sinyal untuk mengolah sinyal adalah *schmitt trigger* yang berfungsi untuk membuat sinyal keluaran sensor menjadi sinyal digital agar sesuai dengan keperluan mikrokontroler yang mana saat keluaran sensor dalam kondisi *low* (0) dan berlogika *high* (1). Mikrokontroller berfungsi untuk menghitung berapa detik saat keluaran pengkondisi sinyal berlogika 0, melakukan beberapa operasi aritmatik, dan menampilkan angka ke LCD.

Kata Kunci : LCD, MK AT89C51, kWh Meter, Sensor, *schmitt trigger*.

DAFTAR ISI

LEMBAR BERLOGO	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSTUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir	3
1.4 Pentingnya Proyek Akhir	3
1.5 Ruang Lingkup dan Keterbatasan Masalah	4
1.6 Definisi Istilah	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sensor	8
2.1.1 Laser Diode	9
2.1.2 Photo Diode	11
2.2 <i>Schmitt Trigger</i>	11
2.3 Mikrokontroler AT89C51	12
2.3.1 Struktur Memori AT89C51	16
2.3.1.1 RAM Internal	17
2.3.1.2 SFR (<i>Special Function Register</i>)	17
2.3.2 <i>Timer dan Counter</i> dalam MCS51	21
2.3.3 Komunikasi Data Serial	22
2.4 LCD (Liquid Crystal Display)	24
2.4.1 Liquid Cristal Displai	25
2.5 KWh Meter	30
2.5.1 Konstruksi kWh Meter	30
2.5.2 Prinsip Kerja kWh meter	31
2.5.3 Metode Klibrasi kWh meter Satu Fasa	39

BAB III DESAIN PROYEK DAN IMPLEMENTASI

3.1 Sensor	42
3.1.1 Laser Diode	42
3.1.2 <i>Photo-Diode</i>	39
3.2 Pengkondisi Sinyal	44
3.3 Mikrokontroller	44
3.3.1 <i>Hardware</i>	45
3.3.2 <i>Software</i>	47
3.3.3 Indikator Sensor	50
3.3.4 Indikator <i>Reading</i>	50
3.3.5 Indikator <i>Unidentification Error</i>	51
3.3.6 Indikator <i>Error Min</i>	51

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Tiap Blok.....	53
4.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor.....	53
4.1.1.1 Alat-Alat Pengujian Rangkaian Sensor.....	53
4.1.1.2 Langkah Pengujian Rangkaian Sensor.....	53

4.1.1.3 Hasil Pegujian Rangkaian Sensor.....	55
4.1.1.4 Analiasa Hasil Pengujian Rangkaian Sensor.....	55
4.1.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	55
4.1.2.1 Alat-alat Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
4.1.2.2 Langkah Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
4.1.2.3 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
4.1.2.4 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
4.1.3 Rangkaian Minimum Sistem AT89C51	57
4.2 Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan	58

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Keluarga AT89C51	13
Tabel 2.2 Tabel Fungsi-fungsi Khusus Port 3	14
Tabel 2.3 Tabel konfigurasi pin-pin LCD	25
Tabel 4.1 Tabel Hasil pengujian Rangkaian sensor	55
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengujian Rangkaian secara keseluruhan.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laser Semikonduktor Beserta Diagram Energinya	10
Gambar 2.2 Simbol Photo Diode	11
Gambar 2.3 <i>Schmitt Trigger</i> Digunakan Untuk Pembentukan Gelombang.....	12
Gambar 2.4 Susunan Pin dari AT89C51	13
Gambar 2.5 Alamat RAM Internal dan <i>Flash</i> EPROM	17
Gambar 2.6 Peta Memori dan <i>Special Function Register</i>	18
Gambar 2.7 Konsep Dasar <i>Timer/Counter</i> Sebagai Srana Input.....	23
Gambar 2.8 Konvigurasi <i>pin LCD dot matrik</i> 16×2	24
Gambar 2.9 M1632 Modul <i>LCD</i>	27
Gambar 2.10 (a) Gambar Vektor Arus, Tegangan dan Flux pada kWh Meter	29
Gambar 2.10 (b) Skema Hubungan Pengukuran Energi Aktif.....	29
Gambar 2.11 (b) Skema Bagaian Dalam Kwh Meter 1 Phasa	34
Gambar 2.12 Susunan Elemen Penggerak dan Arah Flux	35
Gambar 2.13 Kurva Arus, tegangan, Fluks, dan Arah Arus Pesar	36
Gambar 2.15 Arah Fluks dan Tegangan Setiap $\frac{1}{4}$ Periode	38

Gambar 3.1 Diagram Blok Alat Pembaca <i>Error</i> KWh Meter.....	41
Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Putaran	43
Gambar 3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal	44
Gambar 3.4 Rangkaian Minimum Sistem	47
Gambar 3.5 <i>Flow Chart</i> Program Alat Pembaca <i>Error</i> KWh Meter	49
Gambar 3.6 Rangkaian Lampu Indikator Sensor	50
Gambar 3.7 Rangkaian Lampu Indikator <i>Reading</i>	51
Gambar 3.8 Rangkaian Lampu Indikator <i>Unidentification Error</i>	52
Gambar 3.9 Rangkaian Lampu Indikator <i>Error</i> Min	52
Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Sensor	54
Gambar 4.2 Penempatan Sensor.....	54
Gambar 4.3 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Listing Program Mikrokontroler AT89C51.

Lampiran 2 Data *Sheet* LCD.

Lampiran 3 Data *Sheet* Mikrokontroler AT89C51.

Lampiran 4 Data *Sheet* Photo Diodes.

Lampiran 5 Data *Sheet* 2-Input Nand Schmitt Trigger.

Lampiran 6 Lembar Asistensi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik pada saat ini tidak bisa lagi dipisahkan dengan kehidupan kita dimana setiap aktivitas manusia sering diharuskan menggunakan peralatan-peralatan yang mengkonsumsi energi listrik. Hal ini dapat dilihat dari peralatan rumah tangga, lampu penerangan, alat-alat elektronika, sampai alat-alat perkantoran semua memerlukan sumber energi listrik. Ada berbagai alasan mengapa energi listrik banyak dipakai antara lain energi listrik mempunyai keunggulan yaitu praktis, ekonomis, dan pelayanannya yang relatif kontinyu. Keunggulan energi listrik ini tentu saja tak lepas dari biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan energi listrik atau kWh yang telah kita pakai. Untuk menghitung atau mengukur banyaknya pemakaian energi listrik tersebut diperlukan suatu alat yaitu kWh meter. Alat ukur kWh pada instalasi rumah yang sering digunakan adalah jenis kWh meter elektromekanik.

Di samping faktor umur pemakaian ada beberapa hal yang menurunkan tingkat ketelitian suatu alat ukur, diantaranya medan magnet luar, temperatur keliling, pemanasan sendiri, pergeseran dari titik nol, gesekan-gesekan, dan letak dari alat ukur yang tidak sesuai ketentuan (Sapiic, 1994: 20). Demikian juga pada alat ukur kWh, penurunan ketelitian mengakibatkan kemungkinan terjadinya kesalahan pencatatan energi yang dipakai oleh konsumen. Suatu kWh meter seharusnya di cek tingkat kesalahannya sesuai SK Dir PLN No.025/DIR/74 tanggal 28 September 1974, yang menetapkan bahwa untuk kWh meter satu fasa harus

dikalibrasi 8 tahun sekali. Namun keadaan di lapangan tidak demikian sehingga salah satu pihak baik konsumen maupun produsen listrik bisa dirugikan karena energi yang dipakai oleh konsumen tidak sesuai dengan energi yang terbaca pada kWh meter.

Untuk melakukan pengkalibrasian kWh meter, PLN mempunyai prosedur yang sangat rumit. Antara lain kWh meter harus dikalibrasi pada kamar tera yaitu suatu ruangan khusus milik PLN sehingga kWh meter harus di bongkar dari OAK KAS atau kotak APP (Alat Pencatat dan Pembatas) untuk ditera dan setelah dilakukan peneraan kWh meter siap untuk dipakai kembali. Belum lagi hal ini memungkinkan terjadinya guncangan-guncangan dalam proses transportasi saat membawa kWh meter yang telah mengalami peneraan di ruang tera menuju ke tempat pemasangan kWh meter sehingga guncangan ini dapat mengakibatkan perubahan ketelitian kWh meter.

Berdasarkan alasan tersebut di atas, maka dirancang dan dibuat suatu Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller yang dipakai oleh pelanggan listrik tanpa terlebih dulu membongkar kWh meter dari kotak OAK KAS, dengan judul "Alat Kalibrasi kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller AT89C51".

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam proyek akhir ini adalah:

1. Bagaimana merencanakan dan membuat rangkaian sensor untuk memonitor putaran piringan aluminium pada kWh meter?

2. Bagaimana merencanakan dan membuat rangkaian pengkondisi sinyal sebagai penguat sinyal dari sensor ke mikrokontroller?
3. Bagaimana membuat instalasi *hardware* dari mikrokontroller AT89C51?
4. Bagaimana membuat software dari mikrokontroller yang dapat membaca Error dan membaca kesalahan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari membuat tugas akhir ini secara umum adalah merancang dan membuat Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbasis Mikrokontroller dimana Alat ini berbentuk *portable*. Sedangkan tujuan khususnya yaitu :

1. Merencanakan dan membuat rangkaian sensor untuk memonitor putaran piringan aluminium pada kWh meter.
2. Merencanakan dan membuat rangkaian pengkondisi sinyal sebagai penguat sinyal dari sensor ke mikrokontroller.
3. Membuat instalasi hardware dari mikrokontroller AT89C51.
4. Membuat software dari mikrokontroller yang dapat menampilkan *Error* dari kWh meter pada *LC D*.

karena belum tentu jika kWh yang sudah terlanjur dibawa ke kamar tera tersebut mempunyai kesalahan melebihi batas kesalahan yang diijinkan.

2. Pelanggan atau konsumen PLN karena alat pengkalibrasi *portable* ini merupakan alat yang dapat meyakinkan pelanggan bahwa kWh di rumahnya tersebut merupakan kWh yang standart. Pelanggan dapat melakukan pengkalibrasian kWh meter menggunakan alat ini.
3. Dunia pendidikan alat ini merupakan bahan yang dapat dikembangkan baik dari segi peneraan maupun perawatan pada kWh meter.

1.5 Ruang Lingkup dan Keterbatasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan mengacu pada masalah Pembaca Eror kWh meter yang bertujuan mengetahui waktu yang diperlukan piringan aluminium untuk melakukan satu putaran dengan cara memantaunya menggunakan sensor. Masalah yang dibahas meliputi sensor putaran, pengkalibrasian, mikrokontroller, dan LCD. Agar tidak terjadi perluasan masalah maka Perancangan dan Pembuatan Alat Kalibrasi kWh Meter Berbentuk Portabel Berbasis Mikrokontroller AT89C51 Dengan perlu adanya pembatasan masalah. Batasan masalah tersebut adalah:

1. kWh meter yang dikalibrasi oleh alat ini adalah kWh meter satu fasa dengan *casing* yang terbuat dari bahan mika yang transparan.
2. Catu daya pada perancangan dan pembuatan Alat pembaca *error* kWh meter *portable* ini tidak dibahas.
3. Alat ini hanya dimanfaatkan untuk mengetahui nilai eror sedangkan untuk peneraan kWh meter tidak dibahas.

- 4 Sensor hanya dapat membaca putaran piringan yang hanya pada bagian yang berlubang.
- 5 Alat ini dapat membaca dengan akurat jika kWh meter yang bekerja pada tegangan 220V.

1.6 Definisi Istilah

Sensor : bagian sistem pengukuran yang memberikan parameter fisik dari besaran yang diukur.

Mikrokontroller : sebuah komponen elektronik yang terdiri dari mikroprocessor, EEPROM, RAM, serta port input dan output.

KWh : kilo Watt hour, yaitu besaran energi per jam dimana 1 watt = 1 joule/detik, sehingga 1 kWh artinya $3,6 \times 10^6$ joule/det atau 3.600.000 joule setiap 3600 detik.

Peneraan : suatu kegiatan yang meliputi pemeriksaan visual, kalibrasi, pengaturan atau penyetelan dan pemberian tanda tera instrumen ukur listrik untuk membuktikan kesesuaian dengan standart,

Kalibrasi : suatu set operasi dalam kondisi atau acuan untuk membandingkan nilai yang ditunjukkan oleh suatu instrumen ukur dengan nilai yang diketahui dari instrumen ukur lain sebagai standarnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan yang akan digunakan untuk membahas masalah dalam Tugas Akhir ini diperlukan gambaran susunan alat secara keseluruhan yang selanjutnya ditentukan komponen-komponen utama dan pendukung yang digunakan dan kemungkinan untuk disederhanakan baik untuk bentuk, biaya pembuatannya agar didapatkan susunan yang seefisien dan seefektif mungkin.

Adapun pembahasan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Pada pendahuluan ini dibahas mengenai latar belakang perancangan dan pembuatan Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller AT89C51, rumusan masalah, tujuan pembuatan alat, pentingnya alat, dan ruang lingkup Perancangan dan pembuatan Alat Kalibrasi kWh meter.

BAB II Kajian Pustaka

Pada kajian pustaka ini akan dibahas mengenai teori-teori yang mendasari pembuatan alat ini.

BAB III Desain Proyek dan Implementasi

Memuat Perancangan dan Pembuatan Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller AT89C51.

BAB IV Hasil Pengujian dan Analisa

Memuat hasil pengujian Alat Pembaca *Error* kWH Meter Berbentuk Portebele Berbasis Mikrokontroller AT89C51.

Pengujian dilakukan dengan menguji tiap blok rangkaian dan pengujian rangkaian secara keseluruhan.

BAB V Penutup

Berisi kesimpulan dari Perancangan dan Pembuatan Alat Pembaca *Error* kWH Meter Berbentuk Portebele Berbasis Mikrokontroller AT89C51, serta saran-saran yang dapat menyempurnakan alat yang telah dibuat.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori dasar dari sensor, gerbang logika, mikrokontroller, penampil *LCD*, kWh meter.

2.1 Sensor

Sensor adalah bagian dari suatu sistem pengukuran yang mampu memberikan parameter fisik dari suatu besaran yang diukur. Sensor akan memberikan informasi sebagai masukan untuk mengaktifkan sistem secara keseluruhan. Bentuk dan macam sensor banyak sekali dan disesuaikan dengan tujuan penggunaannya, diantaranya sensor suhu, sensor kelembapan, sensor cahaya, sensor aliran dan lain sebagainya (Humpires,1983: 131). Pada proyek akhir ini penulis menggunakan sensor yang terdiri dari laser diode dan *Photo-diode*.

2.1.1 Laser Diode

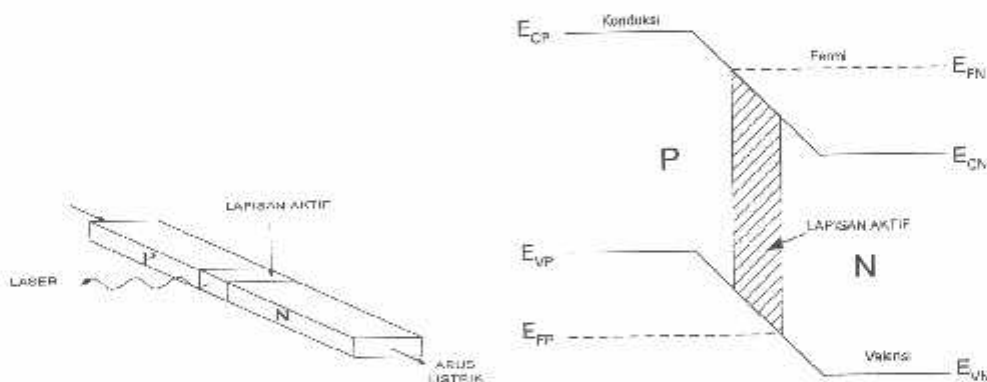
Sinar laser (*Light Amplification By Stimulated Emission Of Radiation*) merupakan cahaya yang intensitasnya digandakan dan difokuskan pada arah tertentu. Sinar laser bersifat koheren dan mempunyai intensitas yang sangat tinggi. Tahun 1960 untuk pertama kalinya sinar laser He-Ne di demontrasikan oleh Javan, Bennet dan Heriot. Setelah itu berkembang sinar laser jenis gas seperti kripton dan sinar laser jenis zat cair seperti laser dyne. Salah satu dari jenis laser adalah laser diode atau disebut juga laser injeksi, karena pemompaannya dilakukan dengan injeksi arus listrik lewat sambungan PN semikonduktornya. Jadi laser ini tidak lain adalah sebuah diode dengan bias maju biasa.

Laser semikonduktor yang pertama diciptakan secara bersamaan oleh tiga kelompok pada tahun 1962. Mereka adalah R.H. Rediker dkk. (Lincoln Lab, MIT), M.I. Nathan dkk. (Yorktown Heights, IBM) dan R.N. Hall dkk. (General Electric Research Lab.). Diode-diode yang digunakan adalah galiun arsenida-flofida GaAsP (sinar-tampak merah). Proses laser jenis ini mirip dengan kerja LED biasa. Pancaran fotonnya disebabkan oleh bergabungnya kembali elektron dan lubang (hole) di daerah sambungan PN-nya.

Dibandingkan dengan LED, laser semikonduktor masih mempunyai dua syarat tambahan. Yang pertama, bahannya harus diberi campuran banyak sekali sehingga tingkat energi Fermi-nya melampaui tingkat energi pita konduksi di bagian N dan masuk ke bawah tingkat energi pita valensi di bagian P. Hal ini perlu agar keadaan inversi populasi di daerah sambungan PN dapat dicapai. Yang kedua, rapat arus listrik maju yang digunakan haruslah besar, begitu besar

sehingga melampaui harga ambangnya. Besarnya sekitar 50 ribu ampere/cm² agar laser yang dihasilkan bersifat kontinu. Rapat arus ini luar biasa besar, sehingga diode laser harus ditaruh di dalam kriostat supaya suhunya tetap rendah (77 °K), jika tidak arus yang besar ini dapat merusak daerah sambungan PN dan diode berhenti menghasilkan laser.

Pada gambar 2.1 tampak bahwa di sebagian daerah deplesi terjadi inversi populasi jika sambungan PN diberi tegangan maju, daerah ini disebut lapisan aktif. Daerah deplesi adalah daerah di sekitar sambungan PN yang tidak memiliki pembawa muatan listrik bebas. Pada saat dilakukan injeksi arus listrik melalui sambungan, elektron-elektron di pita konduksi pada lapisan aktif dapat bergabung kembali dengan lubang-lubang di pita valensi.



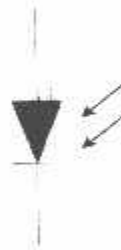
Gambar 2.1 Laser Semikonduktor Beserta Diagram Energinya
(Sumber: Pikatan, 1991)

Untuk arus injeksi yang kecil penggabungan ini terjadi secara acak dan menghasilkan radiasi, proses ini adalah yang terjadi pada LED. Tetapi apabila arus injeksinya cukup besar, pancaran terangsang mulai terjadi di daerah lapisan aktif. Lapisan ini berfungsi pula sebagai rongga resonansi optisnya, sehingga laser akan terjadi sepanjang lapisan ini. Pelapisan seperti yang dilakukan pada cermin

di sini tidak diperlukan lagi karena bahan diode sendiri sudah mengkilap (metalik), cukup bagian luarnya digosok agar dapat memantulkan sinar yang dihasilkan dalam lapisa aktif. Kelemahan sistem laser ini adalah sifatnya yang tidak monokromatik, karena transisi elektron yang terjadi bukanlah antar tingkat energi tapi antar pita energi, padahal pita energi terdiri dari banyak tingkat energi.

2.1.2 Photo-Diode

Photo-diode adalah diode yang dirancang khusus untuk mendeteksi cahaya. Simbol dari *Photo*-diode dapat dilihat pada gambar 2.2. Energi cahaya lewat melalui lensa dan dikumpulkan menjadi satu titik sehingga jatuh pada sambungan P dan N. *Photo*-dioda dirancang dengan beroperasi pada bias mundur, pada alat ini arus bocor bias mundur meningkat sebanding dengan peningkatan cahaya. Harga arus umumnya adalah dalam rentang mikroampere. Keuntungan dari *Photo*-dioda adalah mempunyai respon waktu yang cepat terhadap cahaya.

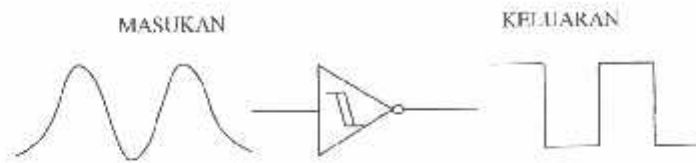


Gambar 2.2 Simbol *Photo*-diode

2.2 Schmitt Trigger

Dalam rangkaian digital bentuk gelombang yang banyak dipakai adalah gelombang dengan waktu naik turun yang cepat. Bentuk gelombang yang mempunyai waktu naik turun yang lamban dapat mengakibatkan operasi yang kurang handal, bila dialirkan langsung ke gerbang atau rangkaian selanjutnya. Untuk mengatasi masalah tersebut digunakan *schmitt trigger* guna mempersingkat waktu perubahan kondisi tinggi ke kondisi rendah (Tokheim, 1994: 153). *Schmitt*

trigger banyak digunakan untuk pengkondisi sinyal. Gambar 2.3 memperlihatkan *schmitt trigger* sedang mengubah betukan gelombang.



Gambar 2. 3 *Schmitt Trigger* Digunakan Untuk Pembetulan Gelombang
(Sumber: Tokheim, 1994: 153)

2.3 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 merupakan salah satu rangkaian terintegrasi (*Integrated circuits*) mikrokontroler yang tergabung dalam keluarga MCS-51.

Beberapa spesifikasi AT89C51 sebagai berikut:

1. 4 buah I/O(*input output*) port 8 bit
2. 4 Kbyte memori program (*Flash EEPROM*).
3. 128 byte RAM internal.
4. 2 buah *timer* 16 bit.
5. 64 kbyte maksimum eksternal *memory address*.
6. 210 bit addressable memory location.
7. Terdapat *interface* untuk komunikasi serial.

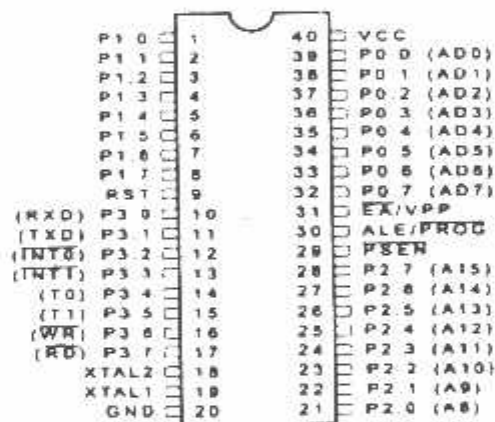
Keluarga IC MCS-51 memiliki beberapa jenis IC mikrokontroler seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.1 Tabel Keluarga MCS-51

Nomor seri	Memori program internal(Flash EEPROM)	Memori data Internal (RAM)	Timer
8051	4 k byte ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4 k byte EPROM	128 bytes	2
8052	8 kbyte Rom	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8 kbyte EPROM	256 bytes	3
89c51	4kbyte EPROM	128 bytes	2

(Sumber: Tjatur, 2001)

Susunan pin pada mikrokontroler AT89C51 adalah seperti pada Gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Susunan Pin dari AT89C51
(Sumber: Putra, 2002:69)

Keterangan Pin mikrokontroler AT89C51

1. Port 0 : Port dua fungsi.

Dalam perancangan konvensional Port ini hanya digunakan sebagai port I/O serbaguna, namun dalam sistem yang melibatkan memori eksternal port ini dapat digunakan secara bergantian sebagai port data maupun alamat (A0-A7).

2. Port 1 : Port I/O serbaguna.

3. Port 2 : Port dua fungsi.

Fungsinya sama dengan port 0 namun jika memakai memori eksternal maka port ini digunakan untuk *bus* alamat *high* (A8-A15).

4. Port 3 : Port dua fungsi.

Selain dapat digunakan sebagai port I/O serbaguna dapat pula digunakan untuk fungsi-fungsi khusus lainnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.2 Tabel Fungsi-fungsi Khusus Port 3

Bit	Nama pin	Alamat bit	Fungsi alternative
P3.0	RXD	B0H	Comm serial receiver
P3.1	TXD	B1H	Comm serial transceiver
P3.2	INT 0	B2H	Eksternal interrupt
P3.3	INT 1	B3H	Eksternal interrupt
P3.4	T0	B4H	Eksternal Timer /Counter Input 0
P3.5	T 1	B5H	Eksternal Timer /Counter Input 1
P3.6	WR	B6H	Eksternal memori write enable
P3.7	RD	B7H	Eksternal memori read enable

(Sumber : Tjatur, 2001)

5. PSEN (Program Store Enable)

Merupakan sebuah sinyal output yang berfungsi sebagai kontrol dalam membaca program maupun kode dari memori eksternal. Biasanya pin ini dihubungkan dengan *output enable* dari EPROM. Jika program yang dieksekusi berasal dari memori internal maka pin ini akan berada pada kondisi tidak aktif (*high*).

6. ALE (*Address Latch Enable*)

Sinyal *output* ALE berfungsi untuk memisahkan waktu pengiriman data dengan alamat dalam penggunaan memori eksternal. Sinyal ALE membangkitkan pulsa sebesar 1/6 frekuensi oscillator. ALE hanya akan aktif pada saat mengakses memori eksternal.

7. EA (*Eksternal Akses*)

Jika Pin EA diberi logika rendah maka mikrokontroler akan mengakses memori program eksternal. Sebaliknya jika Pin EA diberi logika tinggi, mikrokontroler akan mengakses memori program internal. Pin ini juga dipakai sebagai tegangan pemrograman EPROM atau *high Memori Internal*.

8. RST (*Reset*)

Pin ini berfungsi untuk mereset logika program dan awal. Rangkaian yang biasa dipakai untuk sistem reset pada mikrokontroler AT89C51 adalah rangkaian *Power on reset*, dimana sebuah resistor *pull-up* dihubungkan ke VCC dan sebuah kapasitor terhubung ke *ground*.

9. Oscillator

Oscillator pada mikrokontroler ini diatur oleh besarnya nilai X'tal yang terhubung pada pin 18 dan pin 19. Besar nilai X'tal sekitar 12 Mhz.

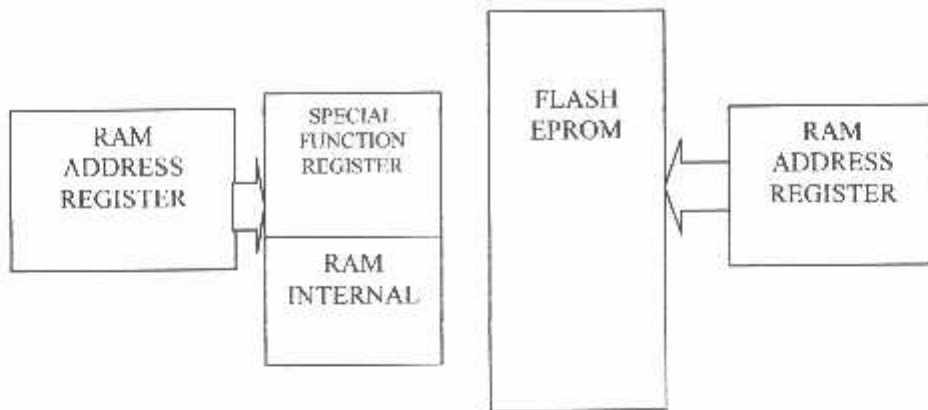
10. Power

AT89C51 memerlukan tegangan catu sebesar 5 V DC pada pin 40 dan 0 V (*ground*) sebagai titik acuan pada pin 20.

2.3.1 Struktur Memori AT89C51

Memori yang ada pada AT89C51 terdiri atas : (1) RAM Internal, memori sebesar 128 byte biasa digunakan untuk menyimpan data yang sifatnya sementara. (2) *Special Function Register (SFR)* atau Register Fungsi Khusus, memori ini berisi register-register fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroler tersebut seperti *timer*, serial dan lain-lain. (3) *FLASH EPEROM*, memori ini digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi dalam AT89C51. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Nalwan (2003 : 4) menyatakan: “AT89C51 mempunyai struktur memori yang terpisah antara RAM internal dan *Flash PEROM*-nya”. RAM Internal dialamati oleh *RAM Address Register* (Register Alamat RAM) sedangkan *Flash PEROM* dialamati oleh *Program Address Register* (Register Alamat Program). Dengan adanya struktur memori yang terpisah tersebut, maka walaupun RAM Internal dan *Flash PEROM* memiliki alamat yang sama yaitu alamat 00, namun secara fisik kedua memori tersebut tidak saling berhubungan.



Gambar 2.5 Alamat RAM *Internal* dan *Flash PEROM*
(Sumber : Nalwan 2003)

2.3.1.1 RAM Internal

RAM Internal pada AT89C51 terdiri atas :

1. Register Bank

AT89C51 mempunyai delapan buah register , terdiri dari RO-R7.

Kedelapan buah register ini selalu terletak pada alamat 00H-07H saat sistem direset.

2. Bit Addressable RAM

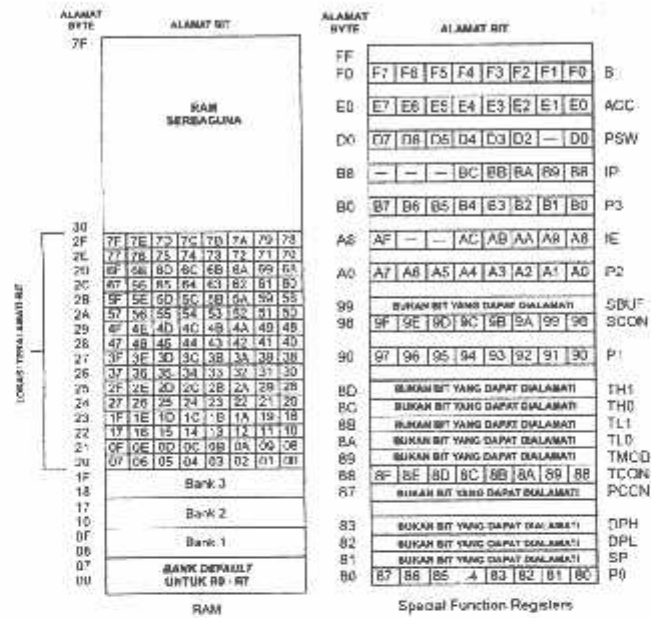
RAM pada alamat 20H-2FH dapat diakses secara pengalamatan bit (*bit addressable*) sehingga hanya dengan sebuah instruksi saja setiap bit dalam area ini dapat diset, clear, AND dan OR.

3. General purpose RAM (RAM Keperluan Umum)

RAM ini dimulai pada alamat 30H-7FH yang dapat diakses dengan pengalamatan langsung maupun pengalamatan tak langsung. Pengalamatan langsung dilakukan ketika salah satu operand merupakan bilangan yang menunjukkan lokasi yang dialamati.

Sedangkan pengalamatan secara tak langsung pada lokasi RAM Internal ini yaitu akses data dari memori ketika alamat memori tersebut tersimpan dalam

suatu register R0 atau R1. Register R0 dan R1 merupakan dua buah register pada mikrokontroler AT89C51 yang dapat digunakan sebagai pointer dan sebuah lokasi memori pada RAM Internal. Untuk gambar peta memori RAM dan SFR dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Peta Memori dan Special Function Register (Sumber Nalwan, 2003)

2.3.1.2 SFR (Special Function Register)

AT89C51 memiliki 21 *Special Function Register* (Register Fungsi Khusus). Terletak pada alamat 80H-FFH (lihat Gambar 2.7). Beberapa dari register-register ini dapat dialamati dengan pengalamatan bit. Berikut ini adalah register-register yang ada pada *Special Function Register*.

1. Akumulator

Merupakan register yang berfungsi untuk operasi aritmatika dan operasi logika serta untuk pengiriman data ke memori eksternal. Hampir sebagian besar instruksi-instruksi dalam pemrograman melibatkan register ini. Sebagai contoh jika ingin mengalikan isi register RO dengan RI kita harus memindahkan RO ke Akumulator serta RI ke register B, lalu dengan sebuah perintah *Mul AB* akan didapat hasil perkalian dengan 8 bit bawah di akumulator dan 8 bit atas di register B. Perintah- perintah lain seperti RL, RR, ADD, SUB hanya dapat dioperasikan pada akumulator dan register B.

2. Port I/O

AT89C51 memiliki empat buah port, yaitu port 0, port 1, port 2 dan port 3 terletak pada alamat 80H, 90H, A0H dan B0H. Namun jika digunakan kita menggunakan eksternal memori ataupun fungsi-fungsi spesial seperti *external interrupt*, serial ataupun *external timer*, port 0, port 2 dan port 3 tidak dapat digunakan sebagai port dengan fungsi umum. Untuk itu disediakan port 1 yang dikhususkan untuk port dengan fungsi umum (Nalwan, 2003 : 10).

3. PSW (*Program Status Word*)

Program Status Word atau PSW terletak pada alamat D0H (lihat Gambar 2.8). Register ini dapat dimanfaatkan dalam program untuk mengetahui kondisi beberapa register khusus lain apakah dalam kondisi *overflow* atau tidak.

4. Register B

Dipakai bersama-sama dengan akumulator untuk proses aritmatik, register ini berfungsi juga register biasa, sifatnya *bit addressable*.

5. Stack Pointer Register Fungsi Khusus

Merupakan sebuah register 8 bit, terletak pada alamat 81H, berisi alamat dan data yang disimpan di- *stack*. *Stack pointer* dapat diedit atau dibiarkan saja mengikuti standar sesudah terjadi reset (Nalwan, 2003: 14). Instruksi-instruksi yang biasa dipakai adalah *push*, *POP*, *Acall* dan *Lcall*.

6. Data Pointer

Data pointer (DPTR) merupakan register 16 bit dan terletak pada alamat 82H untuk DPL dan 83H untuk DPH. Berfungsi untuk mengakses *source code* ataupun data yang terletak di memori eksternal. Sebagai contoh lihat *listing*, program dibawah ini :

```
Mov  A,#01H
Mov  DPTR,#2000H
Mov  @DPTR,A
```

Listing diatas berfungsi untuk menuliskan data 01H kealamat 2000H, langkahnya pertama data diisikan ke akumulator kemudian DPTR yang berfungsi untuk menunjukkan alamat penyimpanan data diisi dengan 2000H, kemudian isi data dan akumulator akan disimpan ke lokasi memori yang ditunjuk oleh DPTR.

7. Register Timer

AT89C51 terdiri dari dua buah 16 bit Timer/counter, yaitu Timer 0 dan Timer 1. Timer terletak di alamat 8AH untuk TL0 dan 8CH untuk TH0 dan Timer1 terletak di alamat 5BH untuk TL1 dan 8DH untuk TH1.

8. Register Port Serial

Dalam AT89C51 terdapat sebuah *on chip serial port* (Port Serial di dalam keping), berfungsi untuk berkomunikasi dengan peralatan lain yang menggunakan serial port juga seperti modem, *shift register* dan lain-lain. *Buffer* (penyangga) dalam prosedur komunikasi terletak pada register SBUF di alamat 99H, sedangkan untuk mengatur mode serial dapat dilakukan dengan mengubah isi dan SCON yang terletak pada alamat 98H.

9. Register Interupsi

AT89C51 memiliki lima buah interupsi dengan dua level prioritas interupsi. Interupsi itu selalu nonaktif setiap sistem dalam AT89C51 di reset. Register-register yang berhubungan dengan *interrupt* adalah *interrupt enable register (IE)* atau register pengaktif interupsi terletak pada alamat A8H, berfungsi untuk mengatur aktifnya tiap-tiap *interrupt* dan yang terakhir adalah *interrupt priority register (IP)* atau register prioritas interupsi terletak pada alamat B8H.

10. Register Kontrol Power

Register ini terdiri atas SMOD, berfungsi untuk melipat dua *baud rate* (kecepatan transmisi data) dari *port* serial, dua buah bit untuk *flag* fungsi umum pada bit ketiga dan bit kedua, *power down (PD)* bit dan *Idle (IDL)* bit. Pada *mode idle* hubungan antara CPU (*central processing unit*) dan *internal clock* terputus, tapi port tetap pada kondisi terakhir, ALE dan PSEN menjadi *high*, timer masih

tetap bekerja. Mode *idle* berakhir pada saat terjadi interupsi, reset ataupun kondisi-kondisi lain yang me-reset IDL bit.

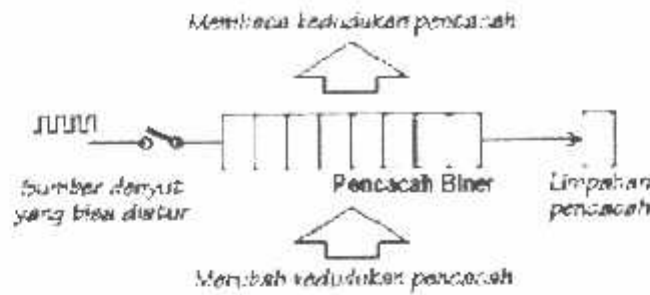
2.3.2 Timer dan Counter dalam MCS51

Timer dan *Counter* merupakan sarana *input* yang kurang dapat perhatian pemakai mikrokontroler, dengan sarana *input* ini mikrokontroler dengan mudah bisa dipakai untuk mengukur lebar pulsa, membangkitkan pulsa dengan lebar yang pasti, dipakai dalam pengendalian tegangan secara PWM (*Pulse Width Modulation*) dan sangat diperlukan untuk aplikasi *remote control* dengan infra merah. Dalam mikrokontroler AT89C51 terdapat dua buah timer yaitu Timer 0 dan Timer 1, keduanya berfungsi sebagai *counter* maupun *timer*.

Pada dasarnya sarana *input* yang satu ini merupakan seperangkat pencacah biner (*binary counter*) yang terhubung langsung ke saluran-data mikrokontroler, sehingga mikrokontroler bisa membaca kedudukan pancacah, bila diperlukan mikrokontroler dapat pula merubah kedudukan pencacah tersebut.

Seperti layaknya pencacah biner, bilamana sinyal *clock* (denyut) yang diumpankan sudah melebihi kapasitas pencacah, maka pada bagian akhir rangkaian pencacah akan timbul sinyal limpahan, sinyal ini merupakan suatu hal yang penting sekali dalam pemakaian pencacah. Terjadinya limpahan pencacah ini dicatat dalam sebuah *flip-flop* tersendiri.

Di samping itu, sinyal *clock* yang diumpankan ke pencacah harus bias dikendalikan dengan mudah. Hal-hal di atas diringkas dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Konsep dasar *Timer/Counter* Sebagai Sarana *Input*
(Sumber: Suthanto, 2001)

Sinyal *clock* yang diumpankan ke pencacah bisa dibedakan menjadi 2 macam, yang pertama sinyal *clock* dengan frekuensi tetap yang sudah diketahui besarnya dan yang kedua adalah sinyal *clock* dengan frekuensi tidak tetap.

Jika sebuah pencacah bekerja dengan frekuensi tetap yang sudah diketahui besarnya, maka pencacah tersebut bekerja sebagai *timer*, karena keadaan pencacah tersebut setara dengan waktu yang bisa ditentukan dengan pasti. Jika sebuah pencacah bekerja dengan frekuensi yang tidak tetap, maka pencacah tersebut bekerja sebagai *counter*, keadaan pencacah tersebut hanyalah menyatakan banyaknya pulsa yang sudah diterima pencacah.

Rangkaian pencacah biner yang dipakai, bisa merupakan pencacah maju (*up-counter*) ataupun pencacah mundur (*down-counter*). *Timer counter* sebagai sarana *input* banyak dijumpai dalam mikrokontroler, misalnya mikrokontroler keluarga MCS51, mikrokontroler ini memiliki *timer counter* di dalam *chip* sebagai sarana *input*.

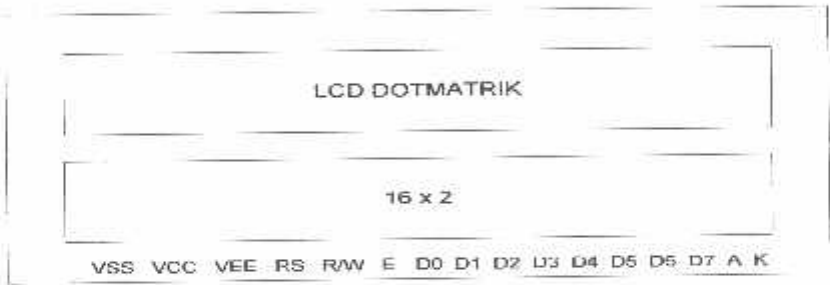
2.3.3 Komunikasi Data Serial

Untuk komunikasi data serial AT89C51 dilengkapi dengan *on chip serial port* (*Port Serial* di dalam keping), sistemnya secara *full duplex* sehingga *port serial* ini masih dapat menerima data pada saat proses pengiriman data terjadi

(Nalwan, 2003:39). Saat proses pengiriman ataupun penerimaan data AT89C51 menggunakan SBUF sebagai penyangga (*buffer*), SBUF ini letaknya pada alamat 99H, sehingga jika AT89C51 sedang melakukan proses pembacaan data pertama sedangkan data yang kedua belum diterima secara penuh maka data ini tidak akan hilang.

2.4 LCD (Liquid Cristal Display)

Liquid cristal display (LCD) adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah kontroller CMOS didalamnya. Kontroller tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data. Semua fungsi tampilan di kontrol oleh suatu instruksi modul LCD yang dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU.



Gambar 2-8

Konfigurasi Pin LCD Dot Matrik 16 X 2

Nama pin	Jumlah	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Trisate bidirectional lower data bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus

DB4-DB7	4	I/O	MPU	Tristatebidirectional upper fourdata bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus
E	1	Input	MPU	Sinyal operasi dimulai: sinyal aktif baca/tulis
R/W	1	Input	MPU	Sinyalpilih data dan tulis (0:tulis, 1:baca)
RS	1	-	Power supply	Sinyal pilih register 0: Instruction register (write) Busy flag dan address counter (read) 1:Data register (write dan read)
VLC	1	-	Power supply	Penyetelan kontras pada tampilan LCD
VDD	1	-	Power supply	+ 5V
VSS	1	-	Power supply	Ground 0V

Tabel 2-3

Konfigurasi Pin – pin LCD

2.4.1 Liquid Crystal Display M1632

M1632 merupakan modul LCD dot matrik dengan pengontrol CMOS sehingga konsumsinya daya rendah, dengan sudut pandang yang lebar, kontras tinggi. Di dalam pengontrol ini sudah terdapat ROM/RAM generator karakter dan

RAM data tampilan. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh instruksi dan modul secara mudah bisa diantarmukakan dengan sebuah mikroprosesor. Pada gambar 2.11 merupakan modul LCD M1632 buatan Seiko Instrument.

Menurut data sheet Seiko Instrument (1987) modul penampil M1632 mempunyai berbagai fitur sebagai berikut:

1. 16 karakter, dua baris dengan matrik 5 x 7, dan kursor.
2. *Duty ratio*: 1/16
3. ROM generator karakter dengan 192 tipe karakter.
4. RAM generator karakter dengan 8 tipe karakter (oleh program).
5. 80 x 8 bit RAM data tampilan.
6. Antarmuka dengan 4 bit dan 8 bit mikroprosesor.
7. RAM data tampilan dan RAM karakter generator bisa dibaca dari mikroprosesor.
8. Mempunyai fungsi instruksi :
Display Clear, Cursor Home, Display ON/OFF, Cursor ON/OFF, Display Character Blink, Cursor Shift, and Display Shift.
9. Mempunyai rangkaian osilator sendiri.
10. Catu daya tunggal +5V.
11. *Power-on* reset otomatis.
12. Proses CMOS
13. Suhu operasi dari 0° C sampai 50° C.



Gambar 2.9 M1632 LCD Modul
(Sumber: www.delta-electronics.com)

2.4.1 Operasi Dasar LCD

LCD M1632 mempunyai beberapa bagian yang berperan dalam pengoperasiannya.

2.4.1.1 Register

LCD M1632 mempunyai 2 macam register 8 bit, yaitu: *Intruccion Register* (IR) dan *Data Register* (DR). Dalam pengoperasiannya dipilih dengan sinyal dari *Register Select* (RS). Intruksi dari IR adalah *Display Clear*, *Crusor Shift*, dan memberikan informasi alamat yang terdapat pada *Display Data RAM* (DD RAM) dan *Charaacter Generator RAM* (CG RAM).

DR merupakan penyimpanan sementara ketika data disimpan dan dibaca pada DD RAM atau CG RAM. Ketika mikroprosesor menuliskan data ke dalam DD RAM atau CG RAM, data pada register DR secara otomatis akan disimpan ke dalam DD RAM atau CG RAM melalui operasi internal. Tetapi sebaliknya, ketika dibaca dari DD RAM atau CG RAM, diperlukan data alamat yang dikirimkan ke register IR.

Tabel 2.4 *Register Select*

RS	R/ \overline{W}	Operasi
0	0	IR aktif, IR write Internal operation: Display Clear
0	1	Busy flag (DB ₇) dan address counter (DB ₀ – DB ₆) membaca
1	0	DR aktif, menulis Internal operation: DR ke DD RAM atau CG RAM
1	1	DR aktif, membaca Internal operation: DD RAM atau CG RAM ke DR

(Sumber: Seiko Instruments Inc, 1987:8)

2.4.1.2 *Busy Flag* (BF)

Busy Flag berfungsi untuk menunjukkan bahwa modul LCD telah siap untuk menerima intruksi selanjutnya. Seperti yang terlihat pada tabel 2.3, menunjukkan sinyal *output* dari DB₇ pada saat RS = 0 dan R/W = 1.

2.4.1.3 *Address Counter* (AC)

Address counter menentukan sebuah alamat pada saat data disimpan ke dalam DD RAM atau CG RAM atau pada saat data dibaca. Jika sebuah alamat intruksi (untuk DD RAM atau CG RAM) disimpan dalam register IR. Maka informasi alamat akan dikirim dari register IR ke *Address counter* (AC). Ketika data disimpan ke RAM maka AC secara otomatis akan meng-*increment* atau *decrement* untuk menyesuaikan *mode entry set*

2.4.1.4 *Display Data RAM* (DD RAM)

DD RAM mempunyai kapasitas *display data* sampai 80 x 8 bit data. Beberapa area memori dari DD RAM yang tidak digunakan untuk tampilan bisa digunakan sebagai *general data RAM*. Alamat 00H sampai 0FH dari DD RAM

terdapat pada baris 1 dari LCD, sedangkan alamat 40H sampai 4FH terdapat pada baris 2.

2.4.1.3 *Character Generator* RAM (CG RAM)

CG RAM digunakan untuk membuat pola karakter sesuai dengan keinginan *programer*. Pola karakter dapat dibuat dengan data 8 bit. Pembuatan karakter bisa disesuaikan dengan tabel yang terdapat pada *data sheet*. Dimana untuk membuat sebuah karakter harus disesuaikan dengan kode pada kolom tabel dan disimpan pada DD RAM untuk menghubungkan dengan posisi digit pada layar LCD.

2.5 KWh meter

Dalam pemakaian energi listrik arus bolak-balik terdapat tiga macam daya yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Daya nyata, yaitu $P = V \times I \times \cos \varphi$ dalam satuan Watt
2. Daya semu, yaitu $P = V \times I$ dalam satuan Volt Ampere
3. Daya reaktif, yaitu $P = V \times I \times \sin \varphi$ dalam satuan Volt Ampere Reaktif.

Pada pengukuran energi listrik atau kWh, PLN hanya melakukan pengukuran tegangan dan arus saja ($V \times I$) walaupun satuan yang diukur tersebut merupakan daya nyata (Watt) yang seharusnya selain tegangan dan arus juga dikalikan dengan $\cos \varphi$ ($V \times I \times \cos \varphi$), sehingga dapat dikatakan bahwa alat ukur kWh meter yang selama ini dikenal sebenarnya adalah alat ukur kVAh meter.

2.5.1 Konstruksi kWh Meter

Secara garis besar konstruksi suatu kWh meter terdiri dari 13 bagian yaitu:

1. Inti besi kumparan arus, dibuat dari besi besi plat tipis terisolasi satu sama lain untuk memperbaiki jerat histerisisnya.
2. Inti besi kumparan tegangan sama seperti inti besi kumparan arus.
3. Kumparan arus, terbuat dari beberapa lilitan kawat tembaga berisolasi dengan diameter tebal, dialiri arus beban/pemakai. Ketebalan diameter kawat tembaga tergantung dari rencana pembuatnya, ada yang didesain arus pada 5A, 10 A, dan seterusnya sampai dengan 100 A,
4. Kumparan tegangan dibuat dari kawat tembaga berisolasi diameter halus,

kumparan dialiri arus I_v .

5. Kumparan untuk alat pengatur fasa, kumparan ini dililitkan pada inti kumparan, arus.
6. Kawat tahanan (resistansi) dihubungkan pada kumparan untuk pengatur fasa, dimana disediakan alat untuk menggeser hubungan kawat tahanan tersebut, penggeseran ini dilakukan pada waktu mencera pada beban dengan $\cos \phi$.
7. Piringan putar, terbuat dari plat alumunium (yang homogen), ringan, dan kepadanya diinduksikan tegangan dan timbul arus-edy yang akibat interaksinya dengan fluks-fluks kumparan arus dan tegangan menimbulkan torsi gerak rotor/piringan.
8. Bendera pengereman, gunanya untuk pengaturan putaran piringan pengujian beban nol pada tegangan normal.
9. Lidah pengereman, adalah merupakan pasangan dengan bendera pengereman. Posisi lidah pengereman dan bendera pengereman harus tepat sehingga :

1. Pada beban nol, tegangan nominal piringan berhenti pada saat posisi mereka berdekatan.
2. Tetapi arus mula ($0, \dots, \% I_d$) piringan harus dapat berputar > 1 putaran.

Pada kWh meter yang lain, pencegahan piringan berputar > 1 putaran pada beban nol tegangan nominal tidak menggunakan lidah dan bendera pengereman, melainkan menggunakan teknik lobang kecil pada piringan. Bila lobang berada dibawah kumparan tegangan, rotor berhenti

10. Rem magnet, berfungsi mengerem rotor.

Besarnya pengereman sebanding lurus dengan kecepatan rotor. Biasanya dibuat pabrik dengan bahan ALNICO. Kekuatan magnetnya praktis tetap

sehingga penting untuk pengaturan beban besar pada saat peneraan. Selain itu menjaga agar supaya kWh meter pada waktu tidak mengukur energi, piringan tetap tidak bergcrak. Demikian pula pada waktu pemakai tiba tiba terhenti, maka piringanpun segera bcrhenti berputar, tidak bergerak lebih lanjut.

11. Sekrup pengaturan beban besar/tinggi.,

Prinsipnya, kuat pengereman pada rotor oleh magnet tetap 10 dapat diatur dengan menggeser posisi rem magnet terhadap sumbu rotor dengan cara memutar sekerup ini. Makin menjauhi sumbu, pengereman makin kuat untuk luas yang diterobos medan/garis-garis gaya magnet yang sama.

12. Sekerup pengatur beban rendah.

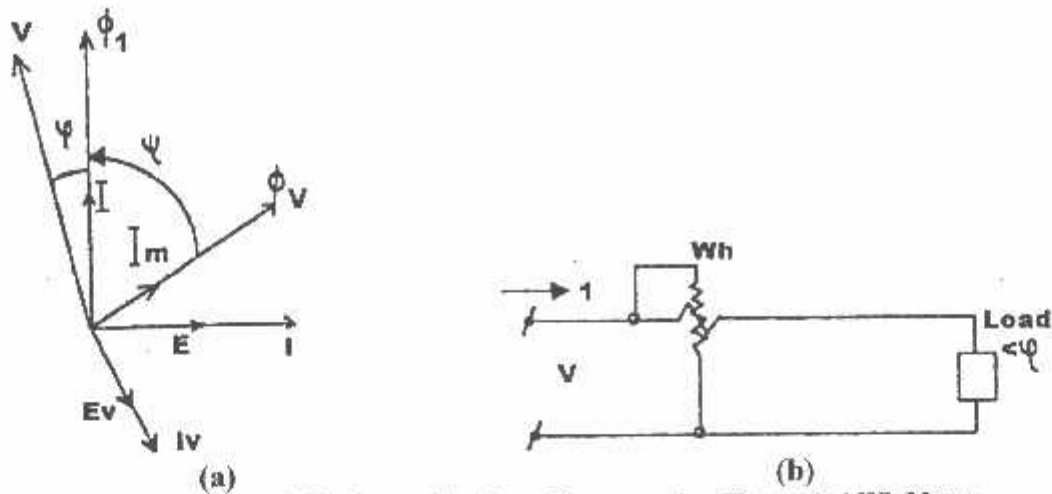
Kerugian karena gesekan mekarus antara sumbu dan bantalan, pada roda roda gigi dapat dikompensasikan oleh pengatur beban rendah ini dengan memutar sekerup ini.

13. Pengatur untuk beban dengan $\cos \phi$.

Pada peneraan kWh meter dengan beban 100 % $\cos \phi$ 1/2, pengatur ini perlu disetel bila nilai kesalahannya diluar batas toleransinya.

Elemen ukur/penggerak dipasang dengan kokoh pada yug/tempat dudukannya. pemasangan register harus sedemikian rupa, tidak boleh terlalu menekan ataupun longgar, sehingga terhindar dari macetnya register ataupun lolosnya roda gigi register dari roda ulirnya. Dari 13 bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 2.10.

Kumparan arus, kumparan tegangan berikut masing-masing alat pengaturnya biasanya disebut elemen ukur. Gambar vektor serta hubungan kumparan arus dan tegangan dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.10 (a) Gambar vektor Arus, Tegangan dan Flux pada kWh Meter
(b) Skema Hubungan Pengukuran Energi Aktif
(Sumber: PT PLN, 2001:17)

1

Keterangan:

V = Tegangan

I_m – Arus kumparan tegangan

Φ_v = Flux yang dibangkitkan oleh I_m

= Flux dari kumparan tegangan

ϕ = Sudut fasa antara arus I dan tegangan E

Φ_1 = Flux yang dibangkitkan oleh arus dari kumparan arus I

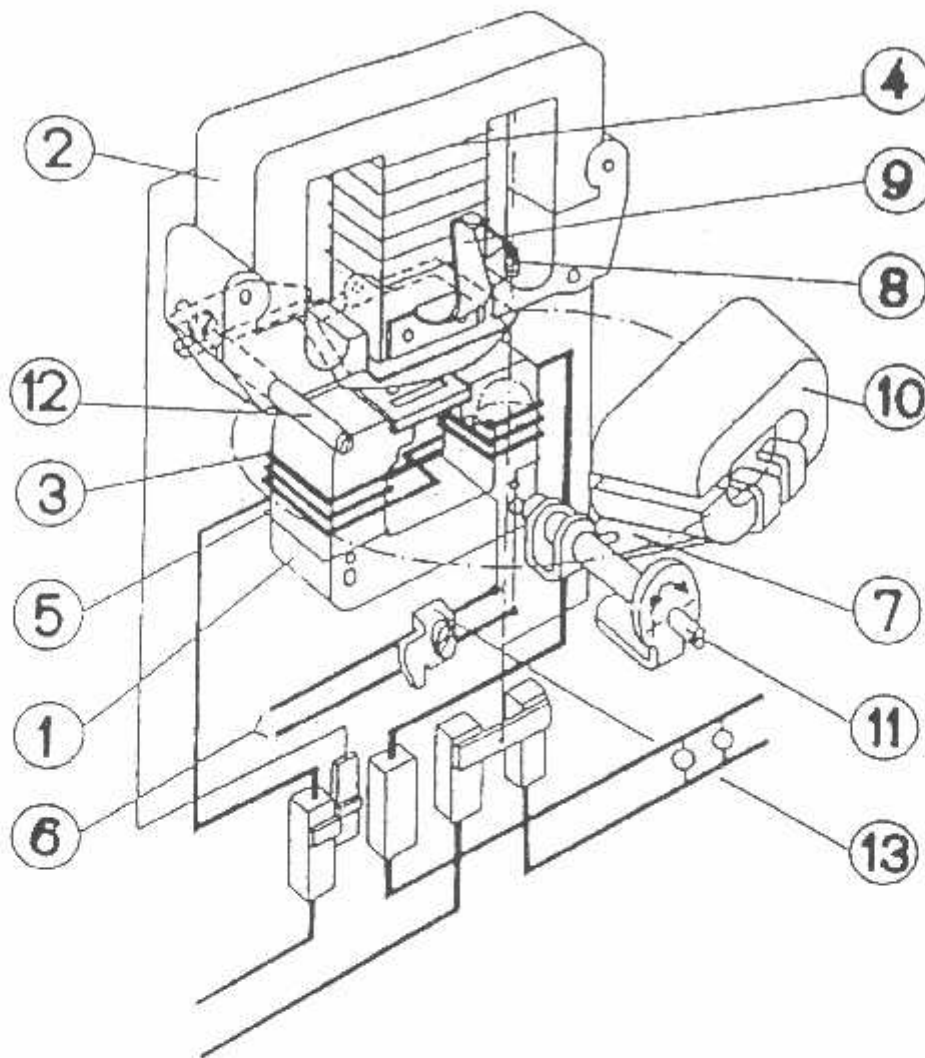
Ψ = Beda fasa antara Φ_i dan Φ_E

Ev = GGL induksi pada piringan

iv = Arus pusar pada piringan akibat E_v

E_f = GGL Induksi pada piringan

I_t – Arus pusar pada piringan akibat E_1



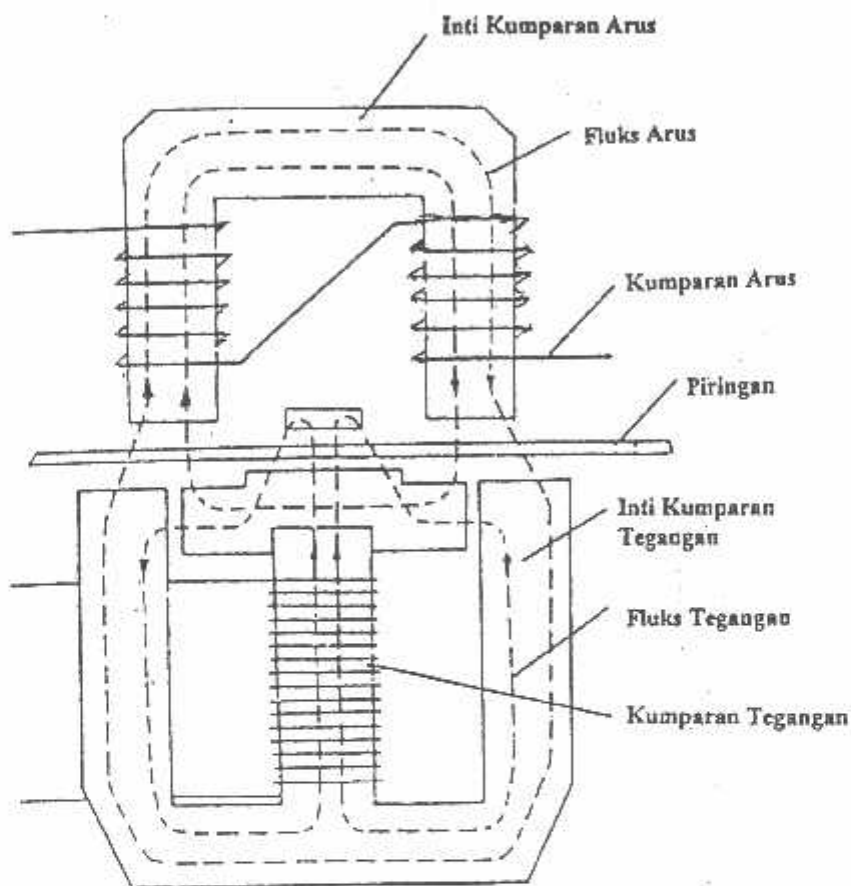
Gambar 2.11 Skema Bagian Dalam kWh Meter 1Phasa
(Sumber: PT PLN, 2001:16)

Keterangan Gambar:

1. Inti besi kumparan arus
2. Inti besi kumparan tegangan
3. Kumparan arus
4. Kumparan tegangan
5. Kumparan untuk alat pengatur phasa
6. Tahanan untuk alat pengatur phasa
7. Piringan putar
8. Bendera pengerem untuk pengatur beban nol tegangan nominal
9. Lidah pengerem untuk pengatur beban nol tegangan nominal
10. Rem magnet
11. Sekerup pengatur beban besar/tinggi
12. Sekenip pengatur beban rendah
13. Pengatur untuk beban dengan $\cos \phi$

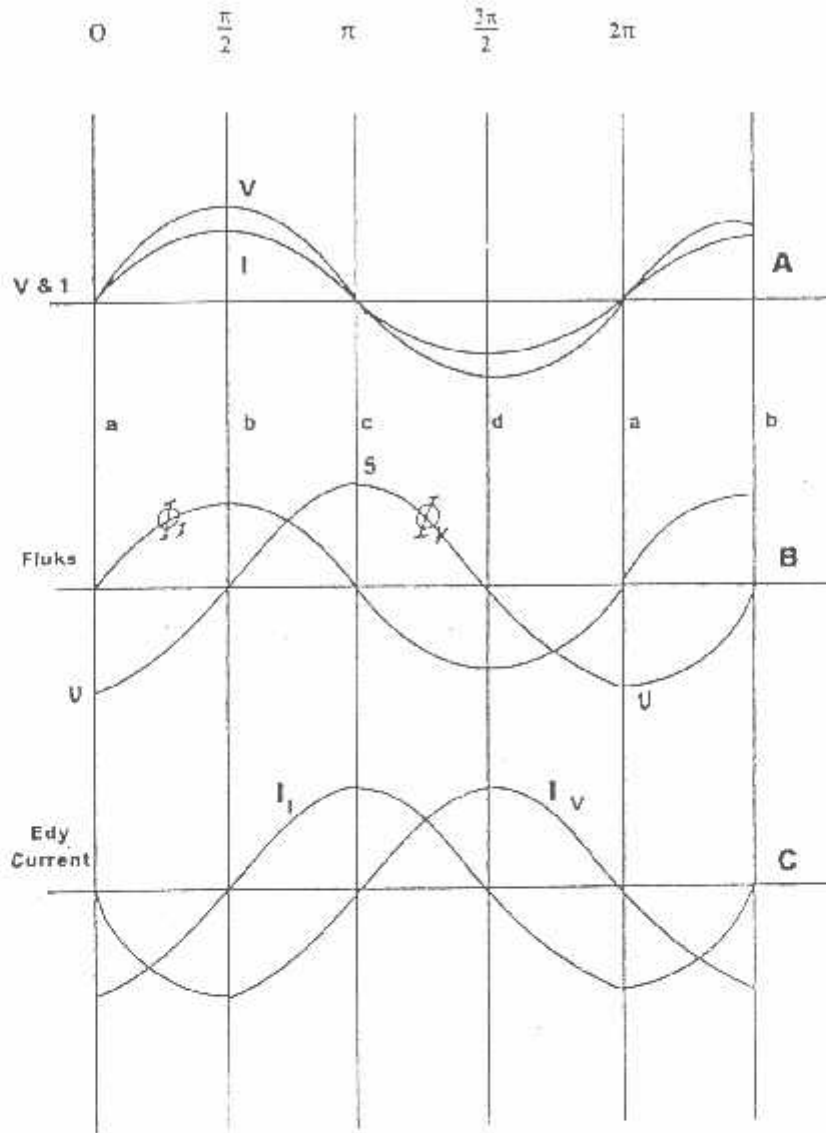
2.5.2 Prinsip Kerja kWh Meter

KWh Meter adalah jenis alat ukur sistem induksi yang prinsip kerjanya adalah karena adanya fluks dan arus pusar tertentu menyebabkan piringan dapat bergerak. Elemen ukur/eleman penggerak dari kWh meter dapat digambarkan seperti gambar 2.12.



Gambar 2.12 Susunan Elemen Penggerak dan Arah Fluks
(Sumber: PT PLN, 2001:18)

Untuk memudahkan pengertiannya arus beban dan tegangan, maka keduanya dianggap sefasa dan perlu ditinjau kurva kurva arus, tegangan, fluks dan arus pusar dalam 1 perioda, seperti gambar 2.13.



Gambar 2.13 Kurva Arus, Tegangan, Fluks, dan Arus Pesar (Eddy Current)
(Sumber: PT PLN, 2001: 19)

Pada gambar 2.13 A menunjukkan lengkungan arus I dan tegangan V selama 1 periode tampak I dan V sefasa.

Tegangan V menimbulkan Fluks V (Φ_V) dimana Φ_V tertinggal $\pi/2$ (90°) terhadap tegangannya (gambar 2.13 B) dan Φ_V menimbulkan arus pesar I_V tertinggal $\pi/2$ (90°) dari Φ_V (gambar 2.13 C). Arus I menimbulkan Fluks I (Φ_I) dimana Φ_I sefasa dengan I dan Φ_I menimbulkan arus pesar I_I yang tertinggal $\pi/2$ (90°) dari Φ_I (gambar 2.13 C).

a. Cycle 0:

Fluks $\Phi_I = 0$ (gambar 2.13 B).

ArusPusar $I_I = \max.(-)$ (gambar 2.13 C)-pada piringan dibawah kaki-kaki kumparan arus.

Fluks $\Phi_V = -\text{NEG.MAX}$ (gambar 2.13 B).

Arus pusar $I_V = 0$ (gambar 2.13 C).

Interaksi antara arus pusar I_I dan Fluks Φ_V menimbulkan gaya gerak piringan kekanan. Pada saat tersebut inti kumparan tegangan misalnya bersifat kutub utara. Arus pusar I_I pada piringan membentuk semacam kutub, misal pada kaki kanan kumparan arus bagian atas piringan berkutub S dan bagian bawahnya U.

Akibatnya antara piringan dan inti kumparan tegangan timbul gaya tolak menolak, menyebabkan piringan bergerak ke kanan. Sedang pada kaki inti kumparan arus sebelah kiri sebaliknya, bagian atas piringan bersifat kutub U, bagian bawah S. Inti kumparan tegangan menarik kutub S, piringan bergerak ke kanan.

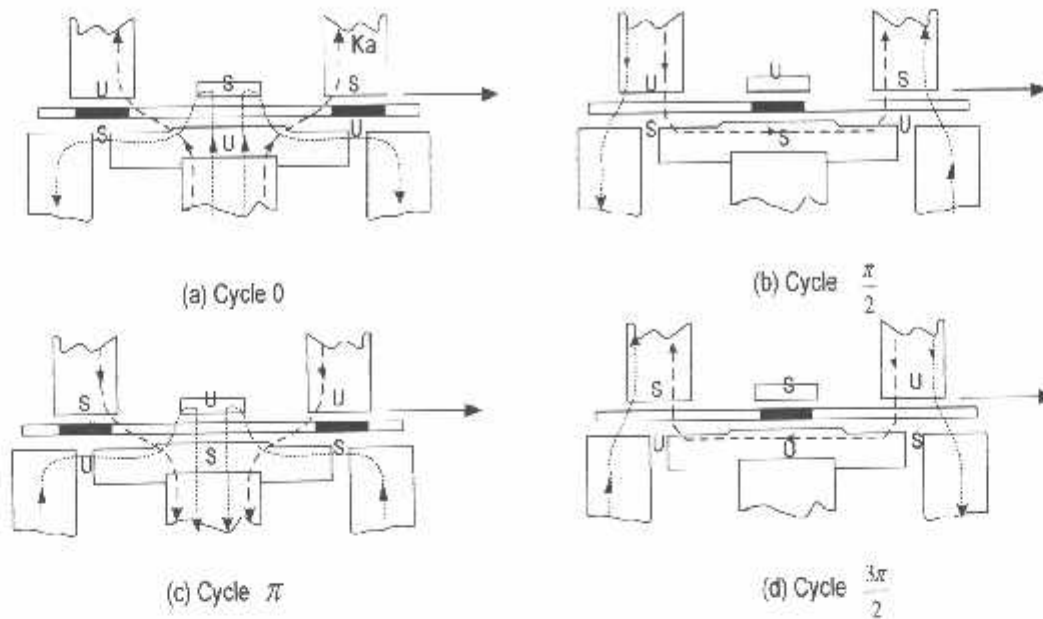
b. Cycle $\pi/2$ (90°).

Fluks $\Phi_I = \max(+)$

Arus pusar $I_I = 0$ (2.13 b)



Fluks $\Phi_V = 0$

Arus pusar $I_I = \max (-)$ (2.13c)



Gambar 2.14 Arah Fluks dan Tegangan Setiap $\frac{1}{4}$ Periode
(Sumber: PT PLN, 2001: 21)

Keterangan:

-  = Arus Putar
-  = Gerakan piringan

Interaksi antara arus pusar I_V dan fluks Φ_V , menimbulkan gaya gerak sehingga piringan bergerak ke kanan. Pada saat tersebut inti kumparan tegangan fluksnya sedang melalui titik nol dari negatif ke positif. Saat itu pada piringan tepat diatas inti kumparan tegangan bangkit arus pusar I_L . Arus pusar ini seperti penjelasan sebelumnya, membentuk pula kutub, bagian bawah piringan bersifat kutub S, bagian atas kutub U. Akibatnya kaki kiri inti kumparan arus (U) menolak kutub U piringan ke kanan. Kaki kanan (S) menarik kutub U piringan, piringan bergerak ke kanan. Demikian seterusnya untuk cycle c dan d.

Setelah secara konsekwen terhadap permisalan yang sudah diambil pertama, maka didapatkan bukti adanya gaya-gaya yang timbul dan menyebabkan piringan bergerak ke kanan. Apabila salah satu, kumparan arus atau kumparan

tegangan dibalik penyambungannya, maka gerakan piringan akan bergerak terbalik arahnya. Besarnya torsi yang memutar piringan adalah:

$$T = K, \Phi_1 \max, \Phi_V \max \cdot \int \sin \psi.$$

Bila T bernilai +, piringan bergerak maju Bila

T bernilai -, piringan bergerak mundur

2.5.3 Metode pembacaan *Error* kWh Meter Satu Fasa

Jumlah energi listrik yang dicatat oleh kWh meter pada sejumlah putaran piringan n adalah n/c (kWh) dimana c adalah konstanta meter dalam putaran /kWh. Nilai kWh sebenarnya adalah perkalian daya (P) dan waktu (t) yang diperlukan untuk n putaran piringan. Jika kWh meter tidak mempunyai kesalahan maka waktu yang diperlukan untuk n putaran piringan disebut waktu dasar atau t_d (PT PLN, 2003: 9)

Daya disini adalah perkalian antara arus (I), tegangan (V), dan faktor daya (Cos ϕ). Energi (kWh) = Daya \times t

$$\frac{n}{c} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot t_d}{1000 \cdot 3600} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$td = \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot c} \dots\dots\dots (2.3)$$

Catatan:

1 kWh = 1000 Wh

1 jam = 3600 detik

Dimana:

V = Tegangan kalibrasi dalam volt

I = Arus dalam ampere

n = Jumlah putaran piringan

c = konstanta meter dalam putaran/kWh

$\cos \varphi$ = Faktor daya

t = Waktu yang diperlukan untuk n putaran piringan dalam detik

t_d = Waktu standart dalam detik

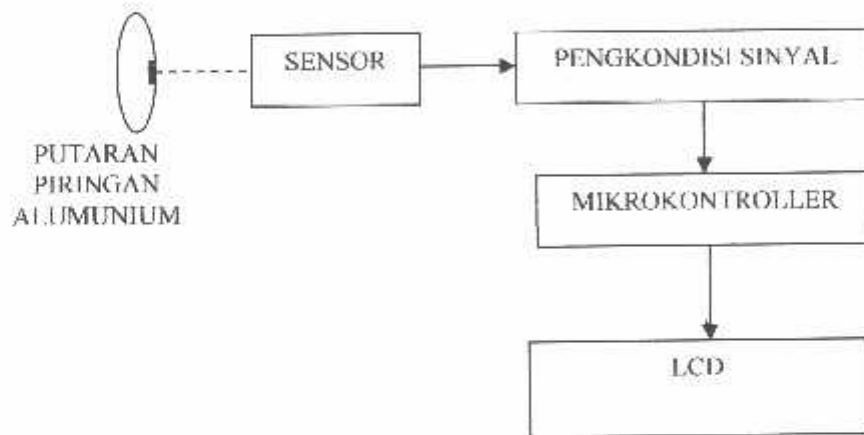
Dari sini dapat dihitung kesalahan kWh meter (S) dengan rumus

$$S = \frac{t_d - t}{t} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

BAB III

DESAIN PROYEK DAN IMPLEMENTASI

Bab ini akan membahas mengenai perancangan dan pembuatan Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller AT89C51. Prinsip kerja dari desain proyek secara keseluruhan digambarkan dalam diagram blok dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Blok Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk *Portable* (Sumber: Perancangan)

Berikut ini adalah penjelasan blok diagram Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portabele Berbasis Mikrokontroller AT89C51. yang akan dirancang.

- Sensor berfungsi untuk membaca putaran piringan alumunium dari kWh meter yang dapat membedakan 2 kondisi yaitu saat sensor mengenai bagian piringan alumunium yang berlubang dan saat sensor mengenai bagian piringan alumunium yang polos (bagian alumunium yang tidak berlubang).
- Pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengolah sinyal agar sesuai dengan keperluan rangkaian selanjutnya yaitu mikrokontroller yang mana saat

keluaran sensor dalam kondisi *high* maka keluaran pengkondisi sinyal akan berlogika *low* (0) dan apabila keluaran sensor dalam kondisi *low* maka keluaran pengkondisi sinyal akan berlogika *high* (1).

- Mikrokontroller berfungsi untuk menghitung berapa detik saat keluaran pengkondisi sinyal berlogika 0, melakukan beberapa operasi aritmatik, dan menampilkan angka ke *LCD*.
- *LCD* berfungsi untuk menampilkan tingkat *Error* kWh meter dalam satuan persen.

3.1 Sensor

Pada proyek akhir ini sensor digunakan untuk memantau putaran piringan alumunium pada kWh meter. Sensor yang digunakan adalah *laser diode* sebagai pemancar sinar yang diarahkan pada piringan alumunium dan *photo transistor* sebagai penerima pantulan sinar laser dari piringan alumunium. *Laser diode* dan *photo transistor* ini diletakkan pada suatuudukan di atas kWh meter yang posisi sensor tersebut dapat digeser-geser agar mendapatkan posisi yang tepat. Dalam perencanaan rangkaian sensor putaran ini diharapkan apa bila sinar *laser diode* jatuh pada sisi atas bagian dari piringan alumunium, maka mikrokontroller akan menghitung waktu antara saat sensor mengenai lubang piringan dan saat sensor kembali mengenai lubang lagi atau waktu 1 putaran piringan.

3.1.1 LD (Laser Diode)

Laser diode merupakan diode yang mampu memancarkan sinar laser. Dalam proyek akhir ini laser diode yang digunakan adalah laser diode bekerja pada tegangan 4,5 Volt. Dari pengukuran arus yang mengalir pada laser diode

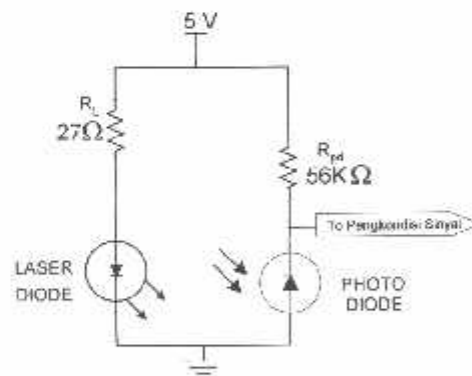
tersebut sebesar 20mA. Sementara tegangan yang tersedia adalah sebesar 5 Volt sehingga untuk membuat tegangan pada laser diode tersebut menjadi 4,5 Volt dan arus yang mengalir sebesar 15mA maka diperlukan *resistor* sebesar :

$$\begin{aligned}
 R_L &= \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} \dots\dots\dots (3.1) \\
 &= \frac{5 - 4,5}{0,02} \\
 &= 33.33\Omega \approx 33 \Omega
 \end{aligned}$$

3.1.2. Photo-Diode

Photo-diode adalah diode yang mampu merespon pancaran cahaya. Jika arus yang dialirkan pada *photo*-dioda sebesar 0,08 mA dan tegangannya sebesar 0,7 volt maka diperlukan tahanan sebesar:

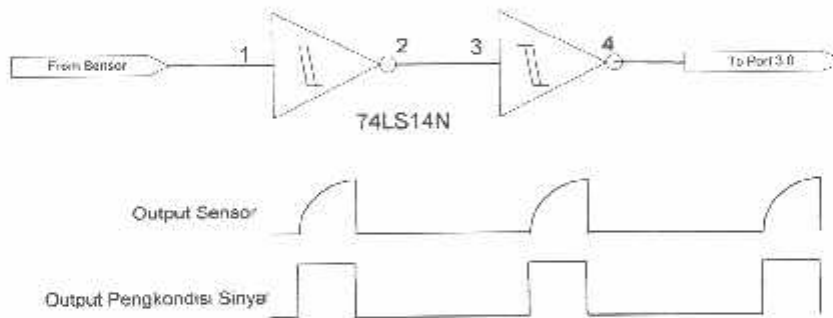
$$\begin{aligned}
 R_{pd} &= \frac{V_{CC} - V_d}{i_d} \dots\dots\dots (3.2) \\
 &= \frac{5 - 0,7}{8.10^{-5}} \\
 &= 53750 \approx 56k \text{ ohm}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Putaran
(Sumber: Perancangan)

3.2 Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal merupakan bagian yang digunakan untuk mengolah sinyal dari sensor agar sesuai dengan rangkaian selanjutnya. Sinyal dapat dikuatkan atau dimodifikasi agar sesuai dengan yang diinginkan. Pada tugas akhir ini pengkondisi sinyal dimaksudkan untuk memberikan logika 1 pada pin port 3.0 mikrokontroller AT89C51 saat sensor mengenai lubang piringan dan memberikan logika 0 saat sensor mengenai piringan yang tidak berlubang. Rangkaian pengkondisi sinyal terdiri dari 2 buah *schmitt trigger* yang berfungsi untuk membuat sinyal keluaran sensor menjadi sinyal digital (hanya berlogika 1 dan 0). Saat keluaran sensor dalam kondisi *high*, maka keluaran pengkondisi sinyal juga berlogika *high* (1) begitu juga saat keluaran sensor dalam kondisi *low*, maka keluaran pengkondisi sinyal juga berlogika *low* (0).



Gambar 3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Dan Gelombang Hasil Keluaran (Sumber: Perancangan)

3.3 Mikrokontroller

Mikrokontroller merupakan komponen utama dari alat ini. Seluruh masukan diproses sesuai dengan kondisi yang diharapkan dan hasilnya dikeluarkan melalui kaki keluaran mikrokontroller. Mikrokontroller mempunyai beberapa kaki keluaran dan kaki masukan yang masing-masing akan

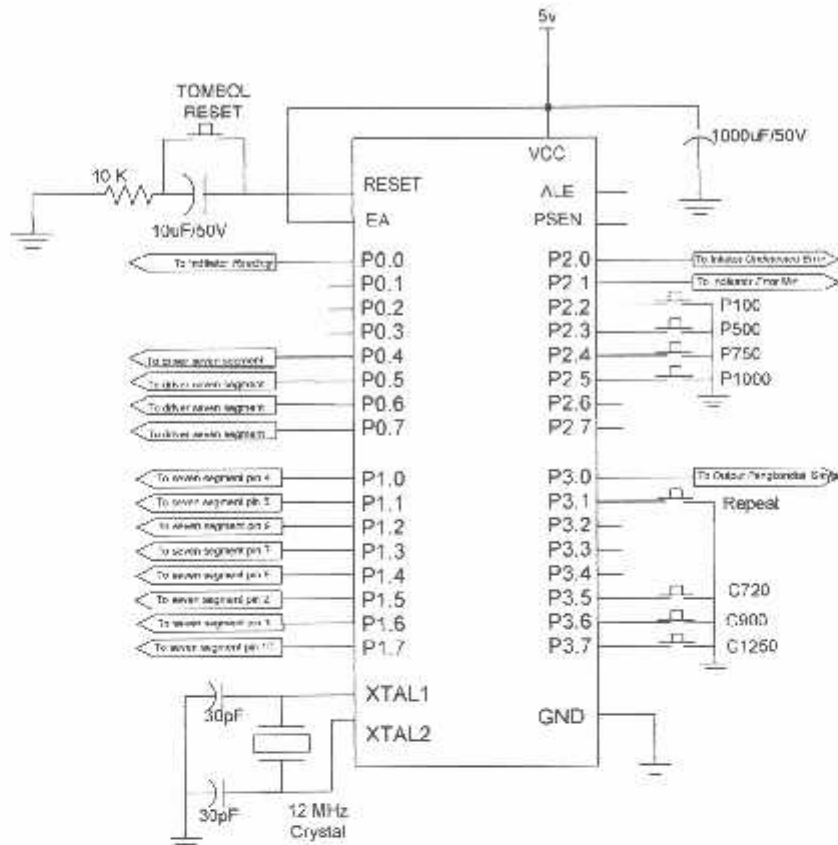
diinisialisasikan oleh program (*software*). Selain melakukan penghitungan waktu dan operasi aritmatik mikrokontroller juga bertugas membentuk tampilan pada *LCD*.

3.3.1 Hardware

Agar membentuk suatu rangkaian minimum sistem, pin-pin mikrokontroller AT89C51 dihubungkan dengan rangkaian pendukung. Konfigurasi pin-pin mikrokontroller AT89C51 adalah sebagai berikut:

1. P0 digunakan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada *LCD*
2. P0.0 digunakan untuk masukan lampu *indikator Reading*.
3. P1.3; P1.4; P1.5; P1.6; P1.7 digunakan sebagai masukan rangkaian transistor sebagai saklar yang menghubungkan antara V_{CC} dan *Common Anoda* pada *LCD*
4. P2.0 digunakan untuk masukan lampu *indikator Undetected Error*.
5. P2.1 digunakan untuk masukan lampu *indikator Error Min*.
6. P2.2, P2.3, P3.4, P3.5 dihubungkan dengan *push button* yang ujungnya di-*ground*-kan. Tombol ini nantinya digunakan untuk memasukkan nilai beban yang akan dihubungkan dengan kWh meter yang akan dikalibrasi.
7. P3.0 dihubungkan dengan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal.
8. P3.1; dihubungkan dengan *push button* yang ujungnya di-*ground*-kan. Tombol ini ditekan jika ingin memulai melakukan pengkalibrasian pada kWh meter.
9. P3.5; P3.6; P3.7 dihubungkan dengan *push button* yang ujungnya di-*ground*-kan. Tombol ini nantinya digunakan untuk memasukkan nilai konstanta kWh meter yang akan dibaca nilai kesalahannya.

10. VCC diberi tegangan sebesar 5 Volt sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diperbolehkan dalam data *sheet*.
11. GND dihubungkan dengan *ground* catu daya.
12. EA (*External Access Enable*) di hubungkan ke V_{CC}, karena program memori menggunakan memori program internal.
13. XTAL1 dan XTAL2 dihubungkan dengan sebuah resonator kristal 12 MHz dan kapasitor C₁ dan C₂ masing-masing sebesar 30 pF yang di-*ground*-kan. Rangkaian ini digunakan sebagai sumber detak (*clock*) ke CPU (Putro, 2001:22)
14. RST digunakan untuk me-reset program tanpa harus mematikan catu daya. Rangkaian minimum *system* ini dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian Minimum Sistem
(Sumber: Perancangan)

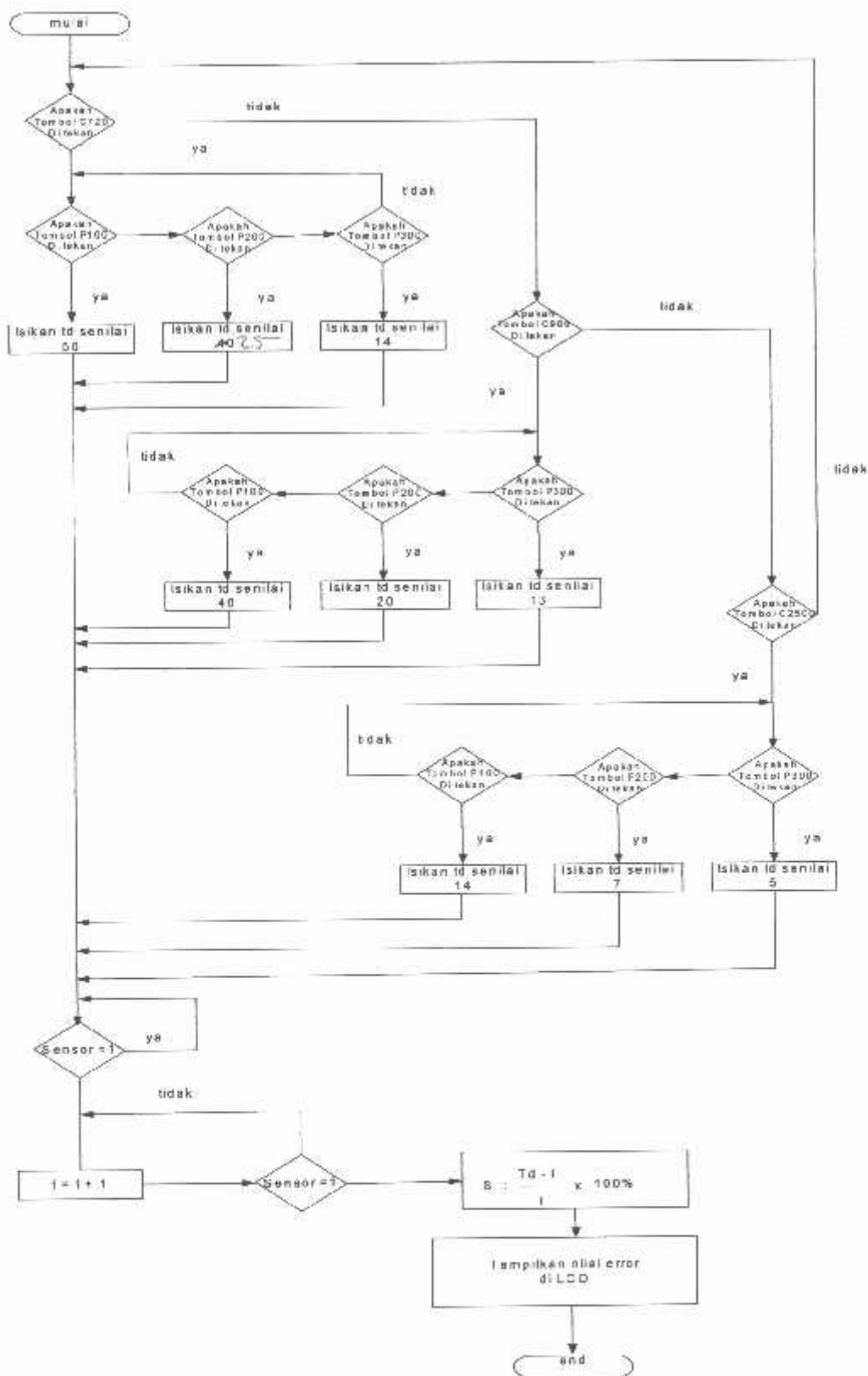
3.3.2 Software

Mikrokontroller pada Alat Pembaca *Error* kWh Meter Berbentuk Portebale Berbasis Mikrokontroller AT89C51. ini bekerja mendeteksi berapa detik piringan alumunium melakukan putaran kemudian nilai waktu tersebut dibandingkan dengan nilai waktu standart kWh meter untuk melakukan satu putaran dengan beban yang sama, schingga dapat ditentukan *Error* yang mengacu pada persamaan 2.3.

Dari persamaan 2.2 maka dapat ditentukan nilai t_d , yang mana pada tugas akhir ini t_d ditentukan untuk beban 100 Watt, 200 Watt, 300 Watt

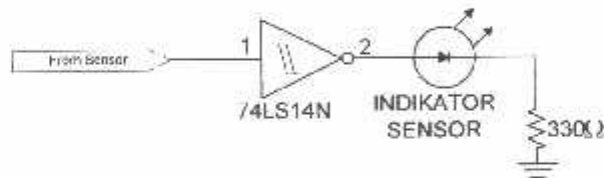
Dengan penentuan nilai tersebut maka *Error* kWh meter dapat diketahui dengan membuat program/*software* yang dapat melaksanakan operasi aritmatik

Flow Chart Program Alat Pembaca Error kWh Meter Berbentuk Portable



3.3.3 Indikator Sensor

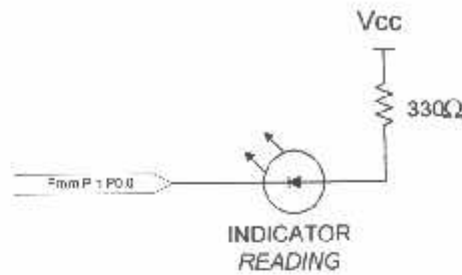
Indikator sensor dimaksudkan untuk menunjukkan bahwa penempatan sensor sudah tepat atau sudah dapat membedakan antara bagian piringan alumunium yang berlubang dan bagian piringan yang polos/tidak berlubang. Indikator ini akan menyala jika sensor mengenai bagian piringan alumunium yang berlubang dan mati jika sensor mengenai bagian piringan alumunium yang tidak berlubang. Agar LED tersebut dapat menyala demikian, maka rangkaian ini mengambil catu daya dari keluaran rangkaian sensor yang di-*not*-kan sehingga rangkaian indikator sensor seperti terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.6 Rangkaian Lampu Indikator Sensor
(Sumber: Perancangan)

3.3.4 Indikator *Reading*

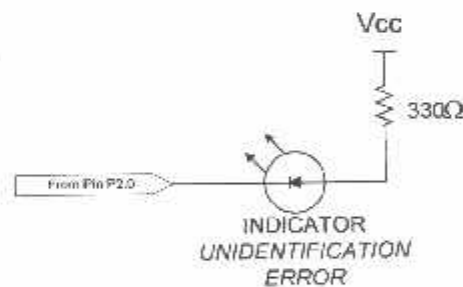
Indikator ini akan berkedip saat Alat Pembaca *Error* kWh meter *portable* sedang menghitung waktu (t) untuk piringan alumunium melakukan satu putaran. Lampu yang digunakan adalah LED dengan kaki anode dihubungkan ke pin P0.0 sedangkan kaki anodanya dihubungkan dengan *resistor* sebesar 330Ω yang ujungnya di hubungkan ke Vcc seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.7 Rangkaian Lampu Indikator *Reading*
(Sumber: Perancangan)

3.3.5 Indikator *Unidentified*

Indikator ini berfungsi sebagai penunjuk saat *kesalahan* yang dibaca oleh Alat Pembaca *Error* kWh meter *portable* ini masih relatif kecil, dan tidak lagi terbaca oleh alat apabila *kesalahan* tersebut telah melampaui kemampuan dari Alat kalibrasi kWh meter berhentuk *portable*. LED untuk indikator ini menyala jika pin P2.0 diberi logika 0 sehingga rangkaiannya seperti pada gambar 3.11 berikut.

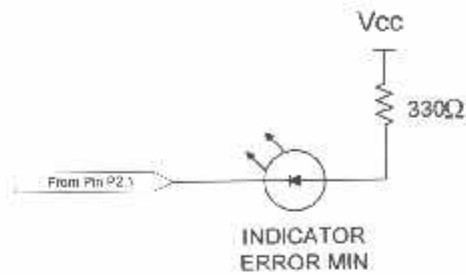


Gambar 3.8 Rangkaian Lampu Indikator *Unidentified*
(Sumber: Perancangan)

3.3.6 Indikator *Error Min*

Indikator ini berfungsi sebagai penunjuk jika waktu (t) yang digunakan kWh meter untuk melakukan satu putaran telah melebihi waktu standart (td).

LED untuk indikator ini menyala jika pin P2.1 berlogika 0 sehingga rangkaiannya seperti pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.9 Rangkaian Lampu Indikator *Error Min*
(Sumber: Perancangan)

Untuk mengetahui keberhasilan perancangan, maka perlu dilakukan pengujian tiap-tiap blok serta rangkaian secara keseluruhan. Hasil pengujian tiap-tiap blok serta rangkaian secara keseluruhan akan dibahas pada Bab IV.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam bab ini dibahas hasil pengujian tiap blok untuk rangkaian sensor, pengkondisi sinyal, mikrokontroller.

4.1 Pengujian Tiap Blok

4.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor

Pengujian rangkaian ini bertujuan untuk mengetahui berapa tegangan *output* dari rangkaian sensor, sesuai atau tidak dengan perancangan yang telah dibuat. Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh hasil pengujian yang meliputi hasil pengujian rangkaian sensor.

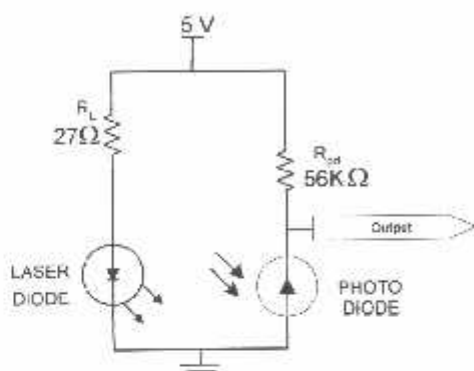
4.1.1.1 Alat - Alat Pengujian Rangkaian Sensor

- 1 buah *power supply* DC 5 Volt
- 1 buah kWh meter
- 1 buah *Multi Meter* Sanwa YX-360

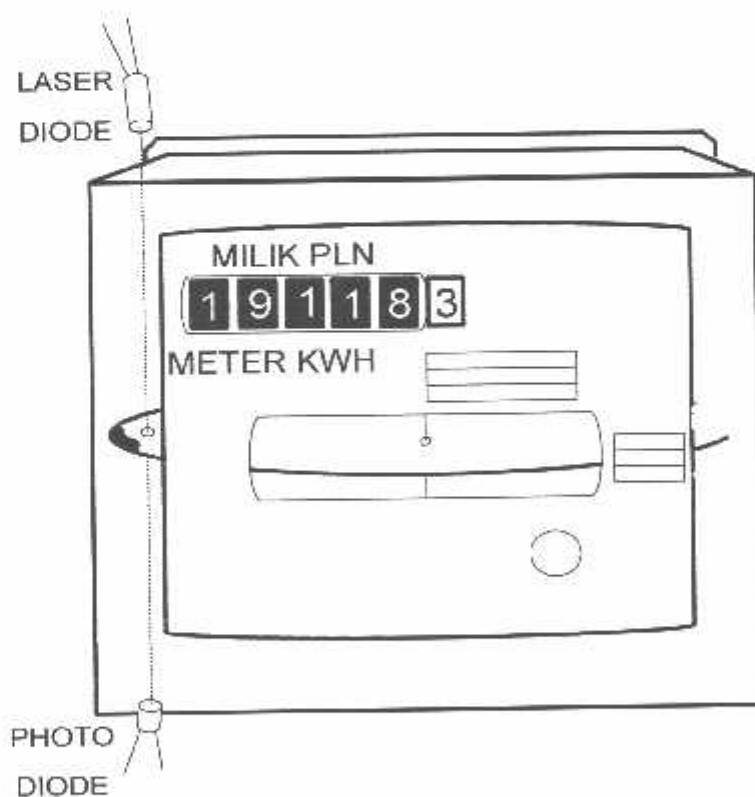
4.1.1.2 Langkah Pengujian Rangkaian Sensor

- Menyusun rangkaian seperti dalam Gambar 4.1.
- Memberi tegangan *input* 5 Volt pada rangkaian sensor.
- Mengarahkan pancaran sinar laser dari atas piringan aluminium kWh meter agar jatuh pada lubang piringan dan pantulan sinar tersebut harus mengenai bagian dari photodiode seperti pada gambar 4.2.

- Mengukur tegangan *output* pada rangkaian sensor pada kondisi sinar laser mengenai bagian piringan yang berlubang maupun pada kondisi sinar laser mengenai bagian piringan aluminium yang polos/tidak berlubang.
- Mencatat hasil pengukuran.



Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Sensor
(Sumber : Pengujian)



Gambar 4.2 Penempatan Sensor
(Sumber : Pengujian)

4.1.1.3 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor

Hasil pengujian rangkaian sensor dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor

Sensor	Tegangan Output
Mengenai piringan yang berlubang	3.2 Volt
Mengenai piringan tidak berlubang	0.2 Volt

(Sumber : Pengujian)

4.1.1.4 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Sensor

Pada saat sensor mengenai bagian yang tidak berlubang pada sisi piringan almunium, maka tegangan keluaran dari rangkaian sensor sama dengan 3,2 V karena bila tidak ada cahaya yang masuk ke photodiode maka *resistansi reverse* diode akan sangat tinggi sehingga tegangan keluaran dari rangkaian sensor akan tinggi karena arus bocor pada diode sangat kecil. Arus ini akan meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas cahaya yang masuk ke dalam photodiode. Dengan demikian jika photodiode terkena pantulan sinar laser saat sensor mengenai bagian piringan yang berlubang, *resistansi reverse* diode akan turun sehingga arus bocor pada diode sangat besar. Dengan besarnya arus bocor ini tegangan *output* sensor akan *low* karena arus langsung dialirkan ke *ground*.

4.1.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

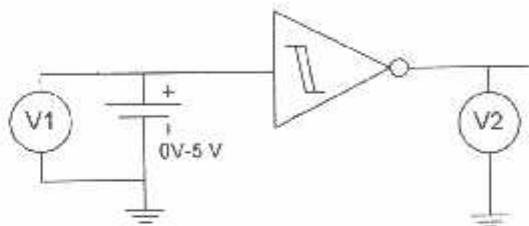
Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan dalam alat Pembaca *Error kWh meter portable* ini terdiri dari 2 *schmitt trigger*. Pengujian dari rangkaian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan *input* berapakah *schmitt trigger* tersebut akan mengeluarkan logika 1 dan tegangan *input* berapakah *schmitt trigger* tersebut akan mengeluarkan logika 0.

4.1.2.1 Alat - Alat Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

- 1 buah *power supply* DC 5 Volt
- *Multi Meter* Sanwa YX-360

4.1.2.2 Langkah Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

- Menyusun Rangkaian seperti dalam Gambar 4.3.
- Memberi tegangan *input* bervariasi dari 0 sampai 5 Volt pada *schmitt trigger*.
- Catat hasil pengukuran.



Gambar 4.3 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal
(Sumber : Pengujian)

4.1.2.3 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Tegangan Input	Tegangan Output
0 V – 0,9 V	4 Volt (<i>High</i>)
1,7 V – 5 V	0,15 Volt (<i>Low</i>)

(Sumber : Pengujian)

4.1.2.4 Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Untuk menghasilkan *output* berlogika 0 pada *schmitt trigger* diperlukan masukan tegangan sebesar 1,7 sampai 5 volt dan untuk menghasilkan *output* berlogika 1 pada *schmitt trigger* diperlukan masukan tegangan sebesar 0 sampai 0,9 volt. Hal ini disebabkan karena karakteristik IC TTL untuk masukan *low*

harus mempunyai jangkauan tegangan 0 sampai 0,9 volt dan masukan *high* harus berada pada jangkauan tegangan 1,7 sampai 5,5 volt (Tokheim, 1994: 84).

4.1.3 Rangkaian Minimum Sistem AT89C51

Pengujian pada setiap port (P0-P3) dilakukan dengan memberikan catu pada rangkaian dan menguji kondisi setiap port (P0-P3). Dari hasil pengujian diperoleh hasil yang sesuai dengan data *book*, yaitu kondisi awal setiap port adalah tinggi (5V atau sama dengan Vcc) pada saat diberi catu daya. Hal ini dijadikan indikasi bahwa rangkaian dapat bekerja dengan baik.

4.2 Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi alat secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan mengikuti petunjuk pemakaian alat sebagai berikut:

1. KWh meter yang akan dikalibrasi diberi beban lampu pijar 100 Watt selama ± 30 menit (PT PLN, 2003: 1) sehingga piringan alumunium berputar terus menerus.
2. Saklar *power* diaktifkan, setelah lampu indikator *power* menyala sensor ditempatkan sedemikian rupa sehingga indikator sensor menyala saat sensor mengenai bagian piringan alumunium yang berlubang dan mati saat sensor mengenai bagian piringan alumunium yang tidak berlubang.
3. Salah satu tombol konstanta meter ditekan sesuai konstanta meter dari kWh yang akan dikalibrasi.

- Salah satu tombol beban ditekan sesuai dengan beban yang dihubungkan dengan kWh meter. Dengan ditekannya tombol ini maka indicator *reading* berkedip dan tunggu beberapa saat sampai nilai *error* muncul pada *LCD*.
- Jika menginginkan untuk melakukan pengkalibrasian lagi tanpa mematikan saklar *power*, maka tombol *repeat* ditekan dan ulangi langkah 2.

Setelah dilakukan pengkalibrasian terhadap kWh meter putaran per kWh dengan menggunakan alat Pembaca *Error* kWh meter berbentuk *portable* ini dapat di ketahui hasilnya sbagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan dengan beban 100 Waat

Nilai Beban	Pengkalibrasian Kc	Nilai <i>Error</i> Penunjukan Alat
100 Watt	1	3 %
	2	3 %
200 Watt	1	3 %
	2	2 %
200 Watt	1	3 %
	2	2 %

Dari hasil percobaan diatas menunjukkan bahwa alat pembaca *error* kWh meter berbentuk *portable* berbasis mikrokontroller AT89C51 dengan simulasi beban resistif 100 Watt, 200 Watt, 300 Watt mampu membaca nilai *error* kWh meter secara relatif akurat

Pada percobaan terdapat beberapa perbedaan nilai *error* dari pembacaan alat kalibrasi tersebut, hal ini dimungkinkan karena faktor yaitu:

- Terjadi fluktuasi tegangan .
- Sinar laser yang jatuh ke piringan terganggu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Alat pembaca *error* kWh meter berbentuk *portable* adalah Alat yang mampu mendeteksi kesalahan putaran piringan kWh meter , dengan menggunakan sensor yang terdiri dari laser diode sebagai pemancar sinar laser, dan photo diode sebagai penerima, sehingga dengan program mikro nilai *error* dapat di rtampilkan di LCD.
2. Alat pembaca *error* kWh meter berbentuk *portable* ini bisa bekerja lebih akurat apabila sinar pada sensor dari laserdioda dan photo dioda tidak terganggu
3. Keuntungan dari Alat ini adalah selain dapat digunakan sebagi Alat pembaca *error* kWh meter juga dapat di gunakan untuk penerakaan kWh meter meter 1 fasa, dengan cara mngatur putaran piringan sehingga hasil *error* yang di tampilkan dalam LCD berubah menjadi normal
4. Meski Alat Pembacaan *Error* kWh Meter di sini bekerja sesuai yang di harapkan oleh pembuatnya, tapi penulis laporan tidak begitu dapat memahami perhitungan Rumus Metode Pembacaan *Error* kWh Meter Satu Fasa secara pasti, Maka Perhitungan Rumus dari Alat Pembaca *error* kWh meter ini belum dapat di kutakana benar.

5.2 Saran

Meskipun pengujian dan analisa dari alat pembaca eror kwh meter ini sudah mencapai keadaan yang di harapkan, tapi masih banyak perbaikan atau pengembangan yang dapat di lakukan untuk meningkatkan lagi performasi alat. Beberapa saran yang kiranya dapat meningkatkan performasi alat antara lain :

1. Untuk pengembangan yang lebih baik, diharapkan nilai beban terpasang pada kWh meter yang akan dikalibrasi tidak hanya menggunakan nilai beban tetapi dibuat sensor tegangan maupun arus yang dapat memberikan nilai daya pada alat pembaca *error*. Sehingga yang dibandingkan adalah waktu sebenarnya (t) dan waktu standart dengan beban yang telah diketahui dari sensor tegangan maupun arus tersebut.
2. Untuk skala yang lebih besar, alat ini dimungkinkan untuk dikembangkan lagi agar dapat digunakan untuk kWh meter 3 fasa.

DAFTAR PUSTAKA

Atmel, Corporations, 2000, *8bit Mikrokontroller With 4K bytes AT89C51*, (online),

<http://www.Atmel.Com>, e-mail literature@atmil.com

Dot matrix liquid cristal display modul LCD 1632, karakter type, graphic type.

[http:// www.LCD_Modul.Com](http://www.LCD_Modul.Com)

Intregated Circuit, September 1993, *74HC/HCT132 quad 2-input NAND scimmit trigger*,

[http:// www.Philips_Semicondutor.Com](http://www.Philips_Semicondutor.Com)

Paulus Andi Nalwan, 2003, *Teknik Antar Muka Dan Pemrograman Mikrokontroler*

AT89C51, PT. Elex Media Komputindo.

PIN Phtodioda and Modul.

[http:// www.Optoelectronic_Perkinelmer.Com](http://www.Optoelectronic_Perkinelmer.Com)

Sapiie Soedjana, Nishino Osamu. 1994, *Pengukuran Dan Alat-Alat Ukur Listrik*, Jakarta:

PT Pradnya Paramita.

No : -
Hal : Permohonan
Lamp : -

Tgl 7 Maret 2007

Kepada : Yth Bp ir.Choirul Saleh,MT
Ketua Jurusan Teknik Elektro ST DIII

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

Nama : Ristanto Raharjo
Nim : 0352031
Jurusan : T. Energi Listrk DIII

Telah membuat surat permohonan untuk merubah judul Laporan tugas akhir dari
judul yang pertama :

*PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT KALIBRASI KWH METER
BERBENTUK PORTABLE BERBASIS MIKRO KONTROLER AT89C51*

Dikarenakan kerja Alat yang lebih sesuai maka di ganti dengan judul :

*PERNCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PEMBACA EROR KWH
METER BERBENTUK PORTABLE BERBASIS MIKRO KONTROLER
AT89C51*

Mengetahui
Dosen pembimbing

Ir.Widodo Pudi M.MT

Pemohon



Ristanto Raharjo



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

NAMA
NIM
JURUSAN
PROGRAM STUDI
HARI / TANGGAL

Risanto Raharjo
0352031
TEKNIK ELKTRO D- III
ENERGI LISTRIK / ELEKTRONIKA
Rabu / 21-03-07

No.	MATERI PERBAIKAN
1.	Tulisan bhs. asing harus miring.
2.	Proyek Akhir dirubah Tugas Akhir. -x
3.	Pendahuluan : ~ Latar Belakang ~ Rumusan Masalah ~ Tujuan ~ Batasan Masalah ~ Metodologi Penulisan ~ Sistematika Penulisan
4.	Lengkapi dg. gambar rangkaian lengkap -x
5.	Kesimpulan - hasil pengujian x

DOSEN PENGUJI



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

NAMA
NIM
JURUSAN
PROGRAM STUDI
HARI / TANGGAL

RISTANTO RAHMANO
03.52.03.1
TEKNIK ELEKTRO D-III
ENERGI LISTRIK / ELEKTRONIKA *)
Rabu / 11-3-2009

No.	MATERI PERBAIKAN
1.	SISTEMATISASI PENULISAN BAB I
2.	ICESIM / U LAM
3.	gambar 3.3 → TAMBAHI PEMBUJIAN PARAF, OK
4.	TABEL 4.1 → DIUJ. KEBER. BANYAK ✓
5.	— " 4.2 → — " — DETIL ✓
6.	— " 4.3 → DIUJ. LAM BANYAK ✓
7.	BARUB. LENGKAP
8.	KESELAKHAN KONSEP HARUS DIJULISIKAN PI SARAN

DOSEN PENGUJI

[Signature]
Dosen Pengajar



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ENERGI LISTRIK DIII

Lembar Asistensi Bimbingan Tugas Akhir

Nama : RISTANTO RAHARJO
NIM : 0352031
Waktu Bimbingan :
Judul : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pembaca *error* kWh Meter
Berbentuk Portable berbasis mikrokontroler AT89C51

No	Tanggal	Materi	Paraf
1	6/07 02	BAB I, Rumusan Masalah dan	
2		proyek tugas Akhir	
3	20/07 02	BAB II, Struktur memori	
4		AT89C51 di Kerpetat, kon truksi kWh meter	
5	27/07 02	BAB III metode kWh meter parbaiki rangkaian indikator sensor	
6	3/07 03	BAB IV Pengujian Rangkaian	
7		secara keseluruhan Pengujian Rangkaian Sensor	
8	7/07 03	Akhir ujian	

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Widado Puji M, MT

Perhitungan td

$$td = \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c}$$

$$C = 720$$

$$P = 100 \text{ w.}$$

$$= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{200 \text{ w.} \cdot 1 \cdot 720}$$

$$= \frac{10 \cdot 360}{1 \cdot 72}$$

$$= \frac{3600}{72}$$

$$= 50 \text{ dt}$$

$$td = \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c}$$

$$C = 720$$

$$P = 200 \text{ w.}$$

$$= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{200 \text{ w.} \cdot 1 \cdot 720}$$

$$= \frac{10 \cdot 360}{2 \cdot 72}$$

$$= \frac{3600}{144} = 25 \text{ dt}$$

$$td = \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c}$$

$$C = 720$$

$$P = 300 \text{ w.}$$

$$= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{300 \text{ w.} \cdot 1 \cdot 720}$$

$$= \frac{10 \cdot 360}{3 \cdot 72}$$

$$= \frac{3600}{216} = 16,6$$

$$= 17 \text{ dt}$$

$$\begin{aligned}
 td &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{100 \text{ w} \cdot 1 \cdot 900} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{9} \\
 &= \frac{360}{9} \\
 &= 40 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 900$$

$$P = 100 \text{ w},$$

$$\begin{aligned}
 td &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{200 \text{ w} \cdot 1 \cdot 900} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{2 \cdot 1 \cdot 9} \\
 &= \frac{360}{18} \\
 &= 20 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 900$$

$$P = 200 \text{ w},$$

$$\begin{aligned}
 td &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{300 \text{ w} \cdot 1 \cdot 900} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{3 \cdot 9} \\
 &= \frac{360}{27} = 13,3 \\
 &= 13 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 900$$

$$P = 300 \text{ w}$$

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{100 \text{ w} \cdot 1 \cdot 2500} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{25} \\
 &= \frac{360}{25} = 14,4 \\
 &= 14 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 2500$$

$$P = 100 \text{ w.}$$

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{200 \text{ w} \cdot 1 \cdot 2500} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{2 \cdot 25} \\
 &= \frac{360}{50} = 7,2 \\
 &= 7 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 2500$$

$$P = 200 \text{ w.}$$

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot c} \\
 &= \frac{1000 \cdot 3600 \cdot 1}{300 \text{ w} \cdot 1 \cdot 2500} \\
 &= \frac{10 \cdot 36}{3 \cdot 25} \\
 &= \frac{360}{75} = 4,8 \text{ dt} \\
 &= 5 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

$$C = 2500$$

$$P = 300 \text{ w}$$

```

time_ref_low equ 30H
time_ref_high equ 31H
time_act_low equ 32H
time_act_high equ 33H
temp equ 34h
ratusan equ 35h
puluhan equ 36h
satuan equ 37h
error_low equ 38h
error_high equ 39h
c_500 bit p0.0
c_900 bit p0.1
c_2500 bit p0.2
p_100 bit p0.3
p_200 bit p0.4
p_300 bit p0.5
repeat bit p1.5
sensor bit p2.6
rs bit p2.1
en bit p2.0
; -----
; Lampu nyala bergeser di Port 1 File name LED2.H51
; -----
    Org 0h
    Jmp Mulai
;
waktu:
Clr P3.7
Jnb sensor,$
    Jb sensor,$
    Mov R7,#0

```

```

    Mov  R6,#0
    Mov  TMOD,#01h
tambah:  Clr  TR0
    Clr  TF0
    Mov  TL0,#019h
    Mov  TH0,#0D8h
    Setb TR0
teruss:  Jnb  TF0,maneh
    Inc  R6
    Cjne  R6,#0h,maneh
    Inc  R7
    Jmp  tambah
maneh:  Jnb  sensor,teruss
    Mov  time_act_low,R6
    Mov  time_act_high,R7
    Ret
;
hitung:  Mov  A,time_ref_low
    Clr  C
    Mov  A,time_act_low
    Mov  R6,A
    Mov  A,time_ref_high
    Subb  A,time_act_high
    Mov  R7,A
    Mov  B,R6
    Mov  DPTR,#64h
    Movx  A,@DPTR
    Mul  AB
    Mov  R5,A
    Mov  R4,B
    Mov  B,R7

```

```

Movx  A,@DPTR
Mul   AB
Add   A,R4
Mov   A,R4
Mov   B,R6
Inc   DPTR
Movx  A,@DPTR
Mul   AB
Add   A,R4
Mov   R7,A
Mov   A,R5
Mov   R6,A
;
hitung_lagi:
  Clr   TF0
  Mov   A,R7
  Jnb   ACC.7,a_not_negative
  Setb  f0
  Clr   A
  Clr   C
  Subb  A,R6
  Mov   R6,A
  Clr   A
  Subb  A,R6
  Mov   R7,A
a_not_negative:
  Mov   A,time_ref_high
  Jnb   ACC.7,b_not_negative
  Cpl   f0
  Clr   A
  Clr   C

```

```

    Subb  A,time_ref_low
    Mov   time_ref_low,A
    Clr   A
    Subb  A,time_ref_high
    Mov   time_ref_high,A
b_not_negative:
    Lcall hitung_lagi
    Jnb   f0,not_negative
    Cpl   f0
    Clr   A
    Clr   C
    Subb  A,R6
    Mov   R6,A
    Clr   A
    Subb  A,R7
    Mov   R7,A
Ret
;
not_negative:
    Mov   error_low,R6
    Mov   error_high,R7
    Ret

;rotin_error_hex_to_error_bed
hex_to_bed:
    Mov   R7,#0
    Mov   A,error_low
    Swap  A
    Anl   A,0Fh
    Mov   temp,A
    Jmp   sdh_ditambah

```

Clr A

tambah_16:

Add A,#16h

Da A

Mov R5,A

Clr A

Addc A,R7

Mov R7,A

Mov A,R5

Djnz temp,tambah_16

sdh_ditambah:

Mov R6,A

Mov A,error_low

Anl A,#0Fh

Da A

Add A,R6

Da A

Mov R6,A

Clr A

Addc A,R7

Mov R7,A

Clr A

Mov A,R6

Anl A,#0Fh

Mov satuan,A

Clr A

Mov A,R6

Swap A

Anl A,#0Fh

```

    Mov    puluhan,A
    Clr    A
    Mov    A,R7
    Swap   A
    Anl    A,#0Fh
    Mov    ratusan,A
Ret
;
;
;Subrutin delay
;
inisregister:
    Mov    ratusan,#0
    Mov    puluhan,#0
    Mov    satuan,#0
    Ret

instruk:
    Push   ACC
    Clr    rs
    Mov    P1,A
    Setb   en
    Clr    en
    Call   delay
    Swap   A
    Clr    rs
    Mov    P1,A
    Setb   en
    Clr    en
    Call   delay
    Pop    ACC

```

```

Ret
tulisdat:
    Push    07h
    Push    ACC
    Setb    rs
    Mov     P1,A
    Setb    en
    Clr     cn
    Call    delay
    Swap    A
    Setb    rs
    Mov     P1,A
    Setb    en
    Clr     cn
    Call    delay

    Pop     ACC
    Pop     07h
    Ret
delay:  Mov     R7,#0
delay1: Mov     R5,#30h
        Djnz    R5,$
        Djnz    R7,delay1
        Ret
;
Ldelay: Mov     R2,#030h
Ld1:    Call    delay
        Djnz    R2,Ld1
        Ret
Sdelay: Mov     R2,#8h

```



```

Ld11: Call delay
      Djnz R2,Ld11
      Ret
;
;---tuliskan text ke LCD
text:
      Push ACC
      Push DPL
      Push DPH
getcar:
      Clr A
      Move A,@A+DPTR
      Cjne A,/"$"/,tampil
      Jmp mettu
tampil:
      Call tulisdat
      Call delay
      Inc DPTR
      Jmp getcar
mettu:
      Pop DPH
      Pop DPL
      Pop ACC
      Ret

;-----menunjuk baris I-----
baris1:
      Mov A,#80h
      Call instruk
      Ret

```

```
Mov DPTR,#scan_daya
Call text
jb c_500,scan1
Call baris2
Mov DPTR,#pil1
Call text
```

```
scan1:call clear
Call baris1
Mov DPTR,#scan_daya
Call text
jb c_900,scan2
Call baris2
Mov DPTR,#pil2
Call text
call data2
jmp jalan
```

```
scan2:call clear
Call baris1
Mov DPTR,#scan_daya
Call text
jb c_2500,scan
Call baris2
Mov DPTR,#pil3
Call text
call data3
jmp jalan
```

```
data1:call clear
Call baris1
Mov DPTR,#scan_beban
Call text
```

```

        jb    p_200, nila2
        Call  baris2
        Mov   DPTR, #beban2
        Call  text
        mov   dptr, #400
        jmp   jalan

nila2:
        jb    p_300, data2
        Call  baris2
        Mov   DPTR, #beban3
        Call  text
        mov   dptr, #2000
        jmp   jalan

data3: call  clear
        Call  baris1
        Mov   DPTR, #scan_beban
        Call  text
        jb    p_100, nilai1
        Call  baris2
        Mov   DPTR, #beban1
        Call  text
        mov   dptr, #150
        jmp   jalan

nil1:
        jb    p_200, nil2
        Call  baris2
        Mov   DPTR, #beban2
        Call  text
        mov   dptr, #290
        jmp   jalan

nil2:

```

```

        jb     p_300,data3
        Call   baris2
        Mov    DPTR,#beban3
        Call   text
        mov    dptr,#1500
        jmp    jalan
jalan:   movx   a,@dptr
        mov    time_ref_low,a
        inc    dptr
        movx   a,@dptr
        mov    time_ref_high,a
        ret

```

```

tunda:  Call   Ldelay
        Call   Ldelay
        Call   Ldelay
        Call   Ldelay
        Ret

```

```

;Program utama

```

```

Mulai:

```

```

        Mov    P2,#0FFh
        Mov    SP,#70h
        Call   ldelay
        Call   inisled
        Mov    P1,#255
        Call   inisregister

```

```
Call clear
Call baris1
Mov DPTR,#judul1
Call text
Call baris2
Mov DPTR,#judul2
Call text
Call ldelay
Call ldelay
```

```
Call clear
Call baris1
Mov DPTR,#univ
Call text
Call baris2
Mov DPTR,#tahun
Call text
Call ldelay
Call ldelay
```

```
Call clear
Call baris1
Mov DPTR,#nama1
Call text
Call baris2
Mov DPTR,#nim
Call text
Call ldelay
Call ldelay
Call clear
```

```
Call scan
Call clear
Call baris1
Mov DPTR,#daya1
Call text
Call baris2
Mov DPTR,#daya2
Call text
Call Ldelay
Call Ldelay
```

mulai2:

```
Mov A,#0CAh
Call instruk
Mov A,ratusan
Call tulisdats
Call delay
```

```
Mov A,#0CBh
Call instruk
Mov A,puluhan
Call tulisdats
Call delay
```

```
Mov A,#0CCh
Call instruk
Mov A,satuan
Call tulisdats
Call delay
Jmp mulai2
```

```

judul1: Db 'Alt pembaca error$'
judul2: Db 'KwH meter $'
nama1: Db 'Ristanto $'
nim: Db '03.52.031 $'
univ: Db 'Dibimbing: $'
tahun: Db 'Ir.Widodo PM,MT $'
daya1: Db 'Error dideteksi:$'
daya2: Db ' 000%$'
scan_daya: Db 'Pilih daya... $'
PIL: Db '500, 900, 2500$'
scan_daya2: Db 'Pilihan daya$'
PIL1: Db '720 VA'
PIL2: Db '900 VA'
PIL3: Db '2500 VA'
scan_beban: Db 'Pilih beban... '
scan_beban2: Db 'Pilihan beban'
beban1: Db '100 w'
beban2: Db '200 w'
beban3: Db '300 w'
erroor: Db 'over error'
end

```

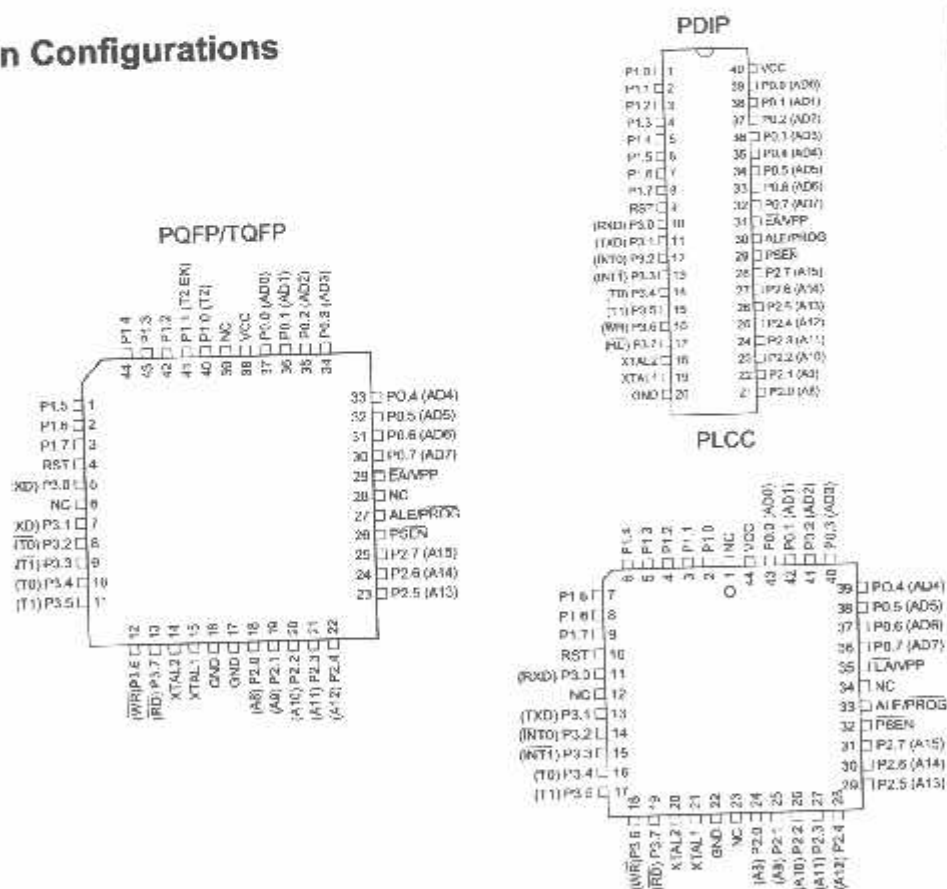
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

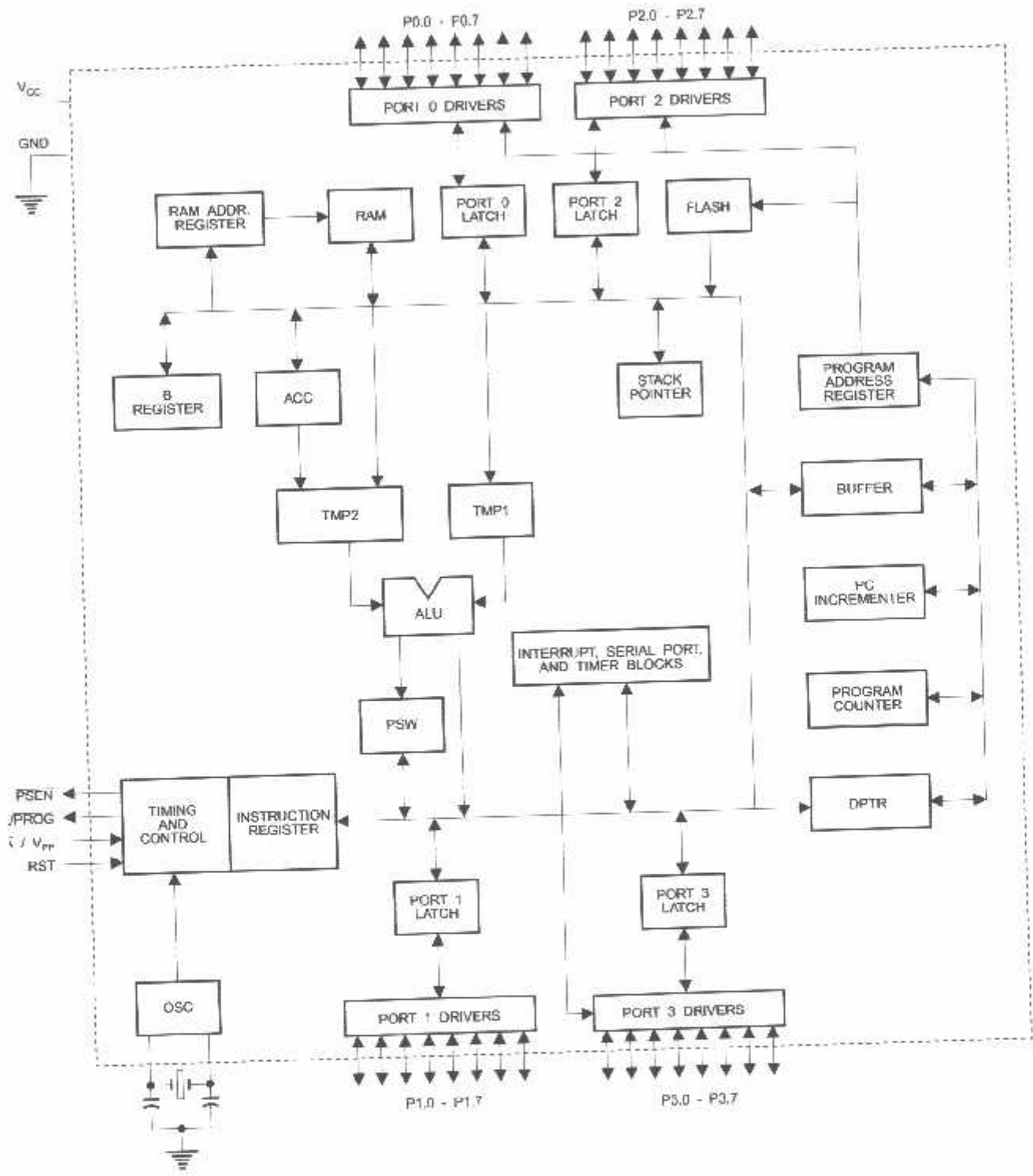
**Not Recommended
for New Designs.
Use AT89S51.**

Rev. 0265G-02/00





Block Diagram



AT89C51

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

In Description

V_{CC}

Supply voltage.

ID

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed lower address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode Port 0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE



else is skipped during each access to external Data memory.

desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of FR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

EA
External Access Enable. EA must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to VCC for internal program executions.

EA pin also receives the 12-volt programming enable voltage (VPP) during Flash programming, for parts that require VPP.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

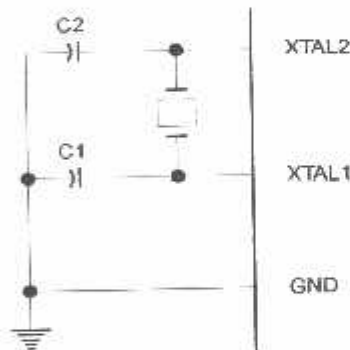
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections

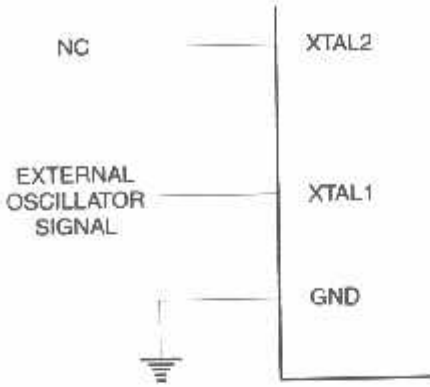


Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Normal	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Normal	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers

retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of \overline{EA} be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled



Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (5V) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective on-chip marking and device signature codes are listed in the following table.

	V _{PP} = 12V	V _{PP} = 5V
On-chip Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-zero byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

Input the desired memory location on the address lines.

Input the appropriate data byte on the data lines.

Activate the correct combination of control signals.

Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.

Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(031H) = 51H indicates 89C51

(032H) = FFH indicates 12V programming






(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

#Mode		RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{pp}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	 (1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

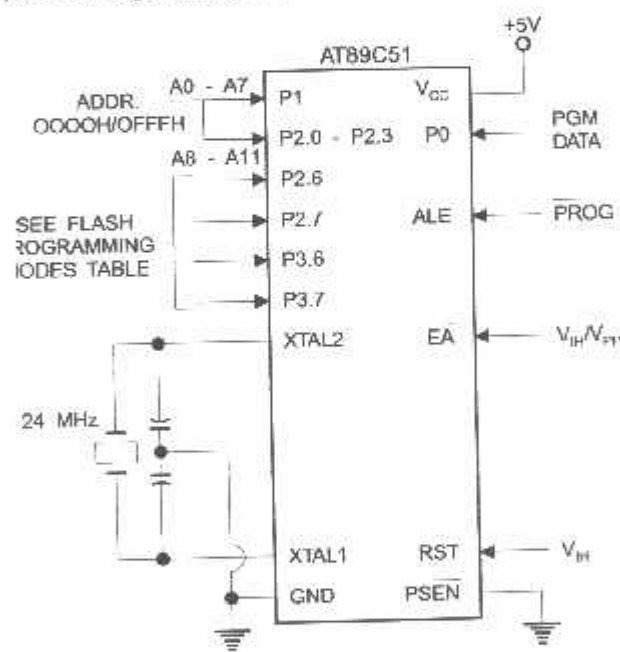
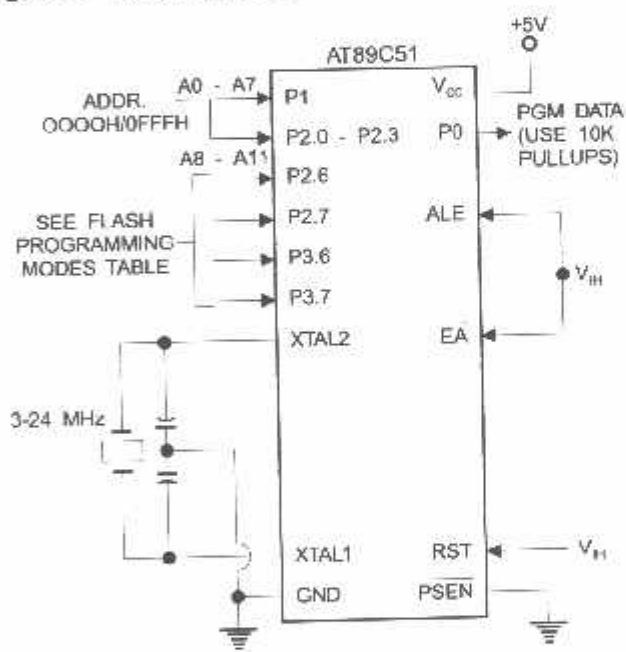
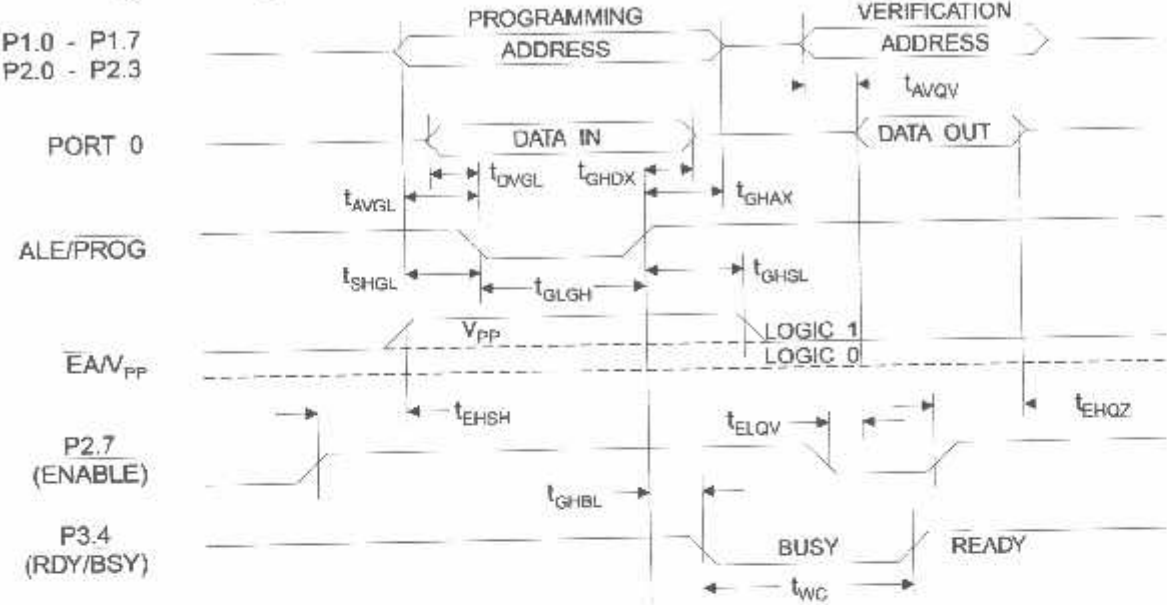


Figure 4. Verifying the Flash

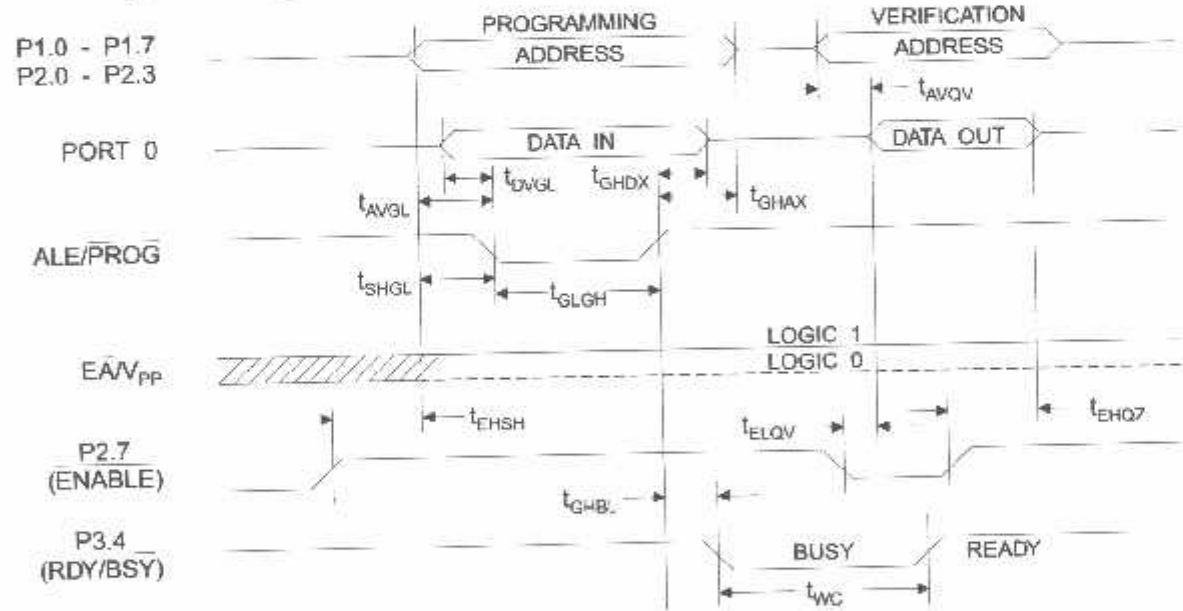




Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ($V_{PP} = 12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ($V_{PP} = 5V$)



Flash Programming and Verification Characteristics

T_a = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V _{PP} ⁽¹⁾	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I _{PP} ⁽¹⁾	Programming Enable Current		1.0	mA
f _{CLCL}	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t _{WGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{HAX}	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{WGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{HDX}	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{SSH}	P2.7 (ENABLE) High to V _{PP}	48t _{CLCL}		
t _{HGL}	V _{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t _{HSL} ⁽¹⁾	V _{PP} Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t _{LGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t _{QV}	Address to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{QV}	ENABLE Low to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{QZ}	Data Float after ENABLE	0	48t _{CLCL}	
t _{BL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t _{BC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

1: Only used in 12-volt programming mode.





Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
IO Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

C Characteristics

= -40°C to 85°C, $V_{CC} = 5.0V \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
L	Input Low-voltage	(Except $\bar{E}A$)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
	Input Low-voltage ($\bar{E}A$)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
L1	Input Low-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
H	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
I ¹	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
IL	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
H	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5V \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
H1	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5V \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45V$		-50	μA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2V$, $V_{CC} = 5V \pm 10\%$		-850	μA
	Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
ST	Reset Pull-down Resistor		50	300	K Ω
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6V$		100	μA
		$V_{CC} = 3V$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AT89C51

C Characteristics

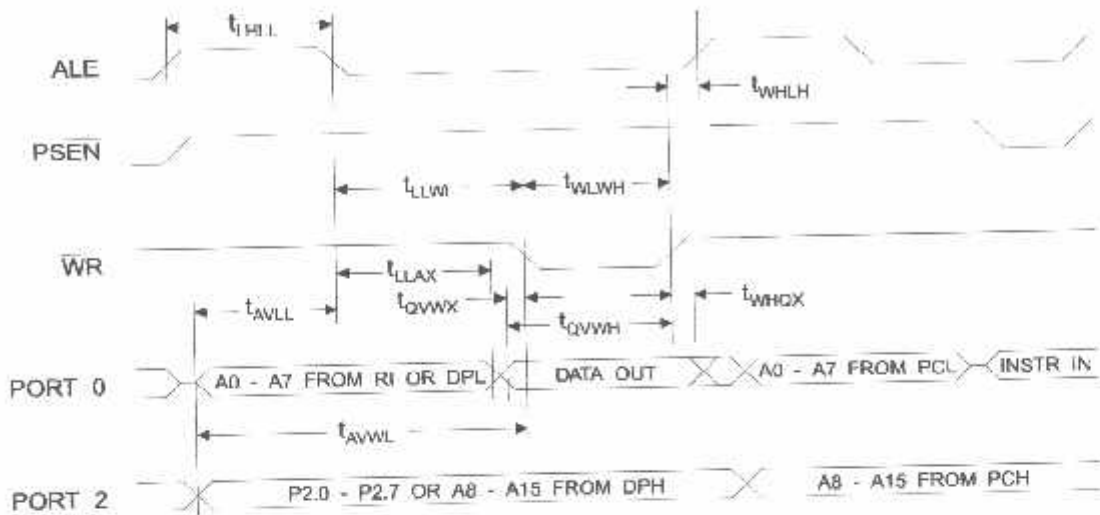
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other inputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

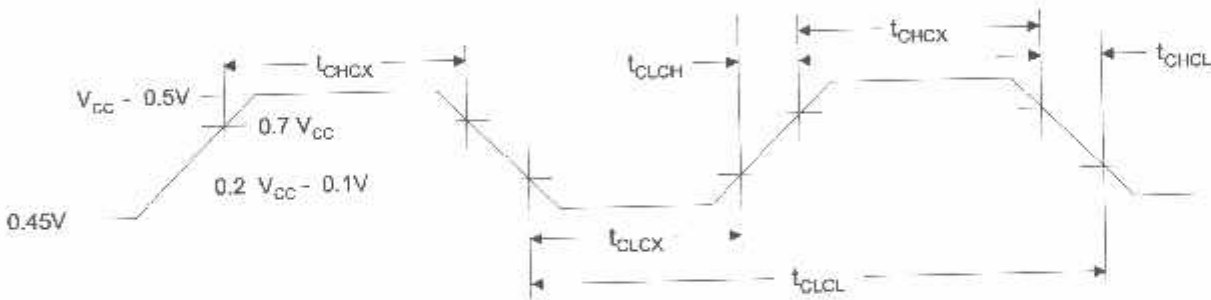
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
f_{Osc}	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{HLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{MLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LAX}	Address Hold after ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{PL}	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LPH}	PSEN Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LIV}	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{XIX}	Input Instruction Hold after PSEN	0		0		ns
t_{XIZ}	Input Instruction Float after PSEN		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{XAV}	PSEN to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{XIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{XAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
t_{RHH}	RD Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WH}	WR Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{OV}	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{IDX}	Data Hold after RD	0		0		ns
t_{IDZ}	Data Float after RD		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{DV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{DV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{VL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{WL}	Address to RD or WR Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{WX}	Data Valid to WR Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{WH}	Data Valid to WR High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{QX}	Data Hold after WR	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{VZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
t_{LH}	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



External Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
f _{CL}	Oscillator Frequency	0	24	MHz
T _{CL}	Clock Period	41.6		ns
t _{HX}	High Time	15		ns
t _{LX}	Low Time	15		ns
t _{RH}	Rise Time		20	ns
t _{FL}	Fall Time		20	ns



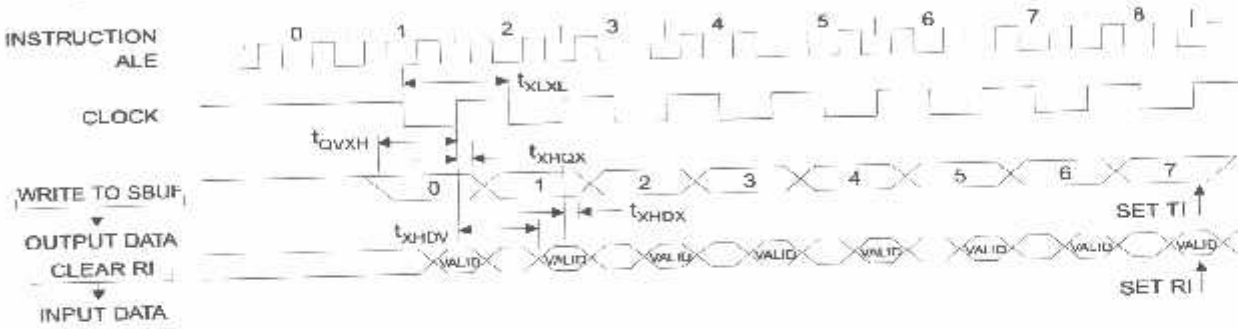


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

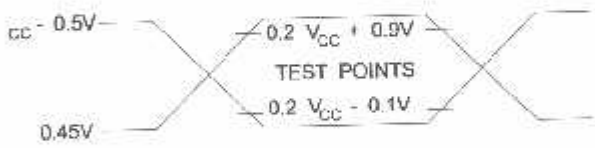
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t _{CLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12t _{CLCL}		µs
t _{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10t _{CLCL} -133		ns
t _{QHX}	Output Data Hold after Clock Rising Edge	50		2t _{CLCL} -117		ns
t _{HDX}	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		0		ns
t _{HQV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10t _{CLCL} -133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾

Float Waveforms⁽¹⁾



1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

Ordering Information

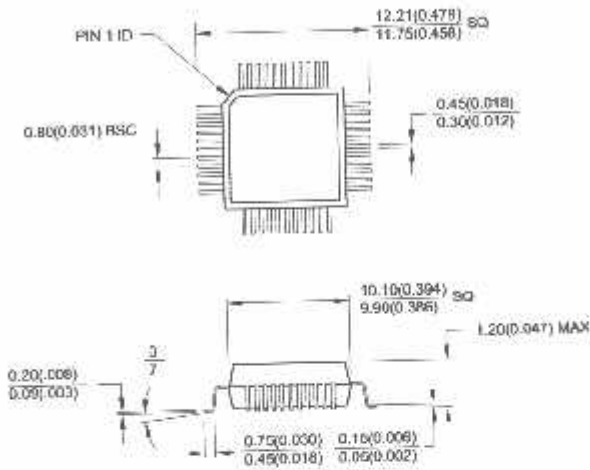
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ±20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ±20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ±20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ±20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	40P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	40P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



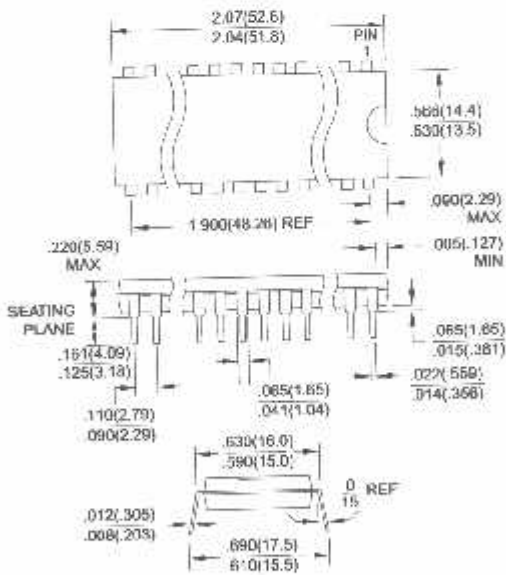
ackaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-026 ACB

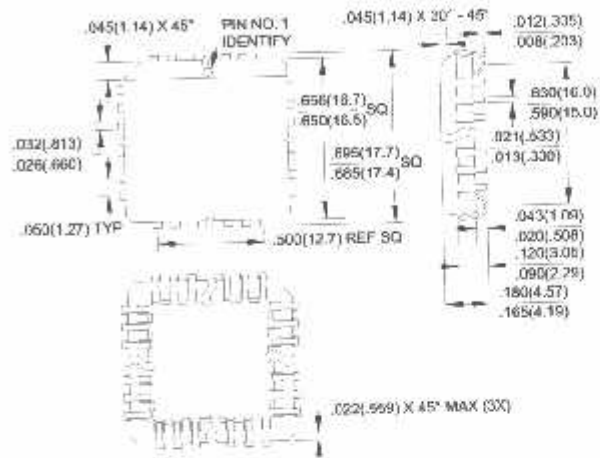


Controlling dimension: millimeters

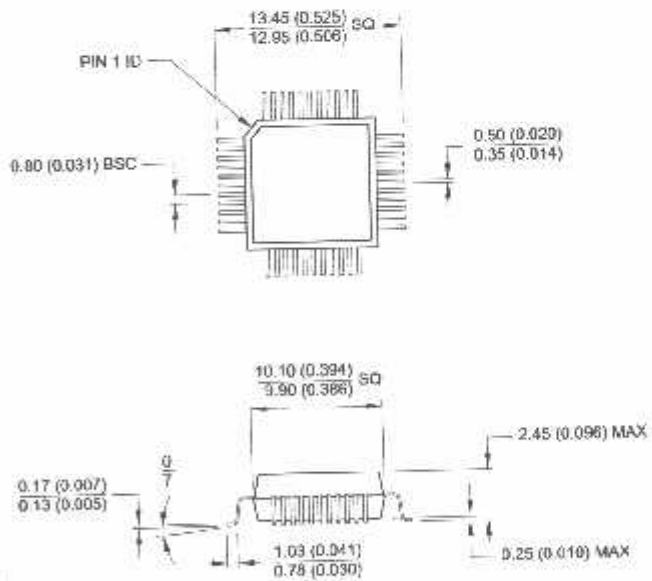
40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Pan

Atmel Japan K.K.
3F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

Atmel Corporation 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Atmel, the Atmel logo, and/or "A" are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

All other names and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

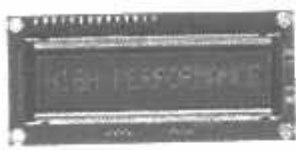
0265G-02/00/xM

Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

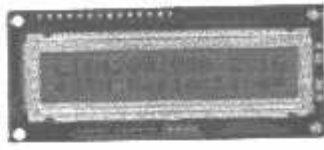
CHARACTER TYPE

FEATURES :

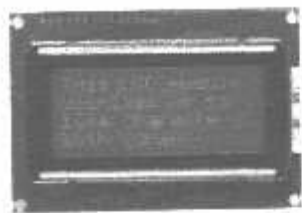
- Slim, light weight and low power consumption
- High contrast and wide viewing angle
- Built-in controller for easy interfacing
- LCD modules with built-in EL or LED backlight



M1641



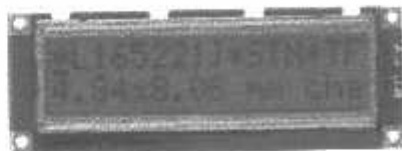
L1642



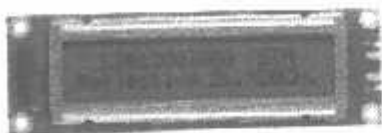
L1614



M1632



L1652



L2012

SPECIFICATIONS :

Standard products

Products of optional specification

Character Format (character x line)	16 x 1	16 x 2	16 x 2	16 x 2	16 x 4	20 x 2
Model	M1641	M1632	L1642	L1652	L1614	L2012
effective	M16410AS	M16320AS	L164200J000S	L165200J200S	L161400J000S	L201200J000S
backlight	M16419DWS	M16329DWS	L164221J000S	L165221J200S	L161421J000S	L201221J000S
LED backlight	M16417DYS	M16327DYS	L164281J000S	L165281J200S	L161481J000S	L201281J000S
effective (wide temp)	M16410CS	M16320CS	L164200L000S	L165200L200S	L161400L000S	L201200L000S
LED backlight (wide temp)	M16417JYS	M16327JYS	L164281L000S	L165281L200S	L161481L000S	L201281L000S
character font	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
module	80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
reflective	80.0 x 36.0 x 11.3	85.0 x 30.0 x 10.1	80.0 x 36.0 x 11.3	122.0 x 44.0 x 11.3	87.0 x 60.0 x 11.6	116.0 x 37.0 x 11.3
EL backlight	80.0 x 36.0 x 15.8	80.0 x 30.0 x 15.8	80.0 x 36.0 x 15.8	122.0 x 44.0 x 15.8	87.0 x 60.0 x 15.8	116.0 x 37.0 x 15.8
LED backlight	80.0 x 36.0 x 15.8	80.0 x 30.0 x 15.8	80.0 x 36.0 x 15.8	122.0 x 44.0 x 15.8	87.0 x 60.0 x 15.8	116.0 x 37.0 x 15.8
viewing area (HxV) mm	64.5 x 13.8	62.0 x 16.0	64.5 x 13.8	99.0 x 24.0	61.8 x 25.2	83.0 x 18.6
character size (HxV) mm	3.07 x 5.73	2.78 x 4.27	2.95 x 3.80	4.84 x 8.06	2.95 x 4.75	3.20 x 4.85
dot size (HxV) mm	0.55 x 0.75	0.50 x 0.55	0.50 x 0.55	0.92 x 1.10	0.55 x 0.55	0.60 x 0.65
operating voltage (VDD-VSS) V	+5 V	+5 V	+5 V	+5 V	+5 V	+5 V
current consumption	1.5	2.0	1.6	2.0	2.7	2.0
A type	0.2	0.2	0.3	0.4	1.1	0.4
driving method (duty)	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
in-chip	KS0066 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent
operating temperature (°C)	normal temp.	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
wide temp.	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70
storage temperature (°C)	normal temp.	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
wide temp.	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80
light	Reflective	25	25	25	50	40
typ.)	EL backlight	30	30	30	55	45
	LED backlight	35	40	35	65	60
	Model	5S	5S	5S	5C	5A
errors	Power supply (V)	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
EL	current consumption (mA) *3	10	10	10	35	45
	Forward current consumption (mA)	100	112	100	240	200
light	Forward input voltage (V typ.)	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1

Excluding case

With external temperature compensation

Including EL backlight

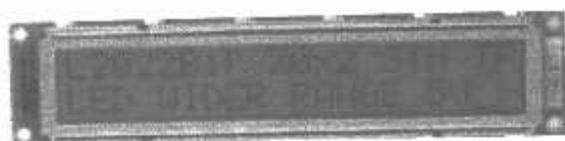
Based on normal temperature range

Our policy is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications for the products in the catalogue without notice.

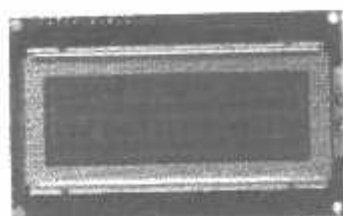
H : Horizontal

V : Vertical

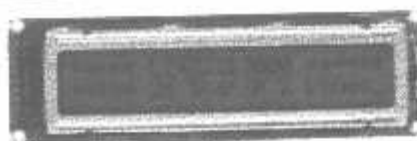
T : Thickness (max)



L2022



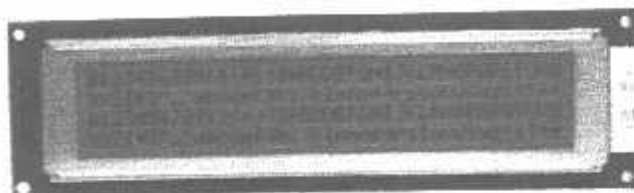
L2014



L2432



L4042



M4024

• SPECIFICATIONS :

		Standard products		Products of optional specification		
Character Format (character x line)		20 x 2	20 x 4	24 x 2	40 x 2	40 x 4
Model		L2022	L2014	L2432	L4042	M4024
Reflective		-	L201400J000S	L243200J000S	L404200J000S	M40240AS
EL backlight		-	L201421J000S	L243221J000S	L404221J000S	M40249CWS
LED backlight		-	L2014B1J000S	L2432B1J000S	L4042B1J000S	M40247DYS
Reflective (wide temp)		L202200P000S	L201400L000S	L243200L000S	L404200L000S	M40240CS
LED backlight (wide temp)		L2022B1P000S	L2014B1L000S	L2432B1L000S	L4042B1L000S	M40247JYS
Character font		5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module size (HxVxT) mm	Reflective	180.0 x 40.0 x 10.5	98.0 x 60.0 x 11.6	118.0 x 36.0 x 11.3	182.0 x 33.5 x 11.3	190.0 x 54.0 x 10.1
	EL backlight	180.0 x 40.0 x 10.5	98.0 x 60.0 x 11.6	118.0 x 36.0 x 11.3	182.0 x 33.5 x 11.3	190.0 x 54.0 x 10.1
	LED backlight	180.0 x 40.0 x 14.8	98.0 x 60.0 x 15.8	118.0 x 36.0 x 15.8	182.0 x 33.5 x 18.3	190.0 x 54.0 x 18.3
Viewing area (HxV) mm		149.0 x 23.0	76.0 x 25.2	94.5 x 17.8	154.4 x 15.8	147.0 x 29.5
Character size (HxV) mm *1		6.00 x 9.66	2.95 x 4.15	3.20 x 4.85	3.20 x 4.85	2.78 x 4.27
Dot size (HxV) mm		1.12 x 1.12	0.55 x 0.55	0.60 x 0.65	0.60 x 0.65	0.50 x 0.55
Power supply voltage (VDD-VSS) V		+5 V	+5 V	+5 V	+5 V	+5 V
Current consumption (mA typ)	IDD	4.2	2.9	2.5	3.0	8.0
	ILC *4	2.6	1.2	0.5	1.0	3.0
Driving method (duty)		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Built-in LSI		KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp.	-	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
	wide temp. *2	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70
Storage temperature (°C)	normal temp.	-	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
	wide temp.	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80
Weight (g. typ.)	Reflective	80	55	40	70	90
	EL backlight	-	60	45	75	105
	LED backlight	110	70	60	95	140
Inverters for EL	Model	-	5A	5A	5C	5D
	Power supply (V)	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	current consumption (mA) *3	-	45	45	25	80
LED backlight	Forward current consumption (mA)	320	240	150	260	480
	Forward input voltage (V typ.)	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1

H : Horizontal

V : Vertical

T : Thickness (max)

*1 : Excluding cursor

*2 : With external temperature compensation

*3 : Including EL backlight

*4 : Based on normal temperature range

Dot Matrix Liquid Crystal Display Modules

GRAPHIC TYPE

• FEATURES :

- Wide viewing angle and high contrast
- Full dot configuration fits any application

- Slim, light weight and low power consumption
- Available in STN and FSTN

• SPECIFICATIONS :

Dot format (HxV dot)			96 x 32	128 x 32	128 x 64	128 x 64
Model			Y87831	G1213	G1216	G1225
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-	-
	Reflective wide temp.	built-in RAM	-	G121300N0005	G121600N0005	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	G122501J0005
	LED backlight wide temp.	built-in RAM	-	G121301N0005	G121601N0005	-
STN type (6W model)	Transmissive	-	-	-	-	-
	with CFL backlight	built-in controller	-	-	-	-
Transmissive			Y97321 F00W	-	-	-
Module size (L x V x T) mm	Reflective (no backlight)	-	47.5 x 66.4 x 2.1	75.0 x 41.5 x 6.8	75.0 x 52.7 x 6.8	83.0 x 70.0 x 11.4
	LED backlight	-	-	75.0 x 41.5 x 8.9	75.0 x 52.7 x 8.9	-
	CFL backlight	-	-	-	-	-
Viewing area (HxV) mm			43.5 x 20.9	60.0 x 21.3	60.0 x 32.5	70.7 x 38.8
Dot size (H x V) mm			0.35 x 0.48	0.40 x 0.48	0.40 x 0.40	0.44 x 0.44
Dot pitch (H x V) mm			0.39 x 0.52	0.43 x 0.51	0.43 x 0.43	0.48 x 0.48
Power supply voltage (V)	[VDD - VSS]	-	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	[VLC - VSS]	-	-	8.0	8.1	8.2
Current consumption	IDD	-	0.10	2.0	2.0	3.0
	IDD (built-in controller)	-	-	-	-	-
A, typ.)	ILC	-	-	1.8	1.8	2.0
	ILC	-	-	1.64	1.64	1.64
Driver method (duty)			1/33	1/64	1/64	1/64
IC in (SI)	Driver	SED1530	or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	HD61202 HD61203 or equivalent	KS0107 KS0108 or equivalent
	Controller	-	-	-	-	-
Operating temperature range (°C)			-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	0 to +50
Storage temperature range (°C)			-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-20 to +60
Weight (typ.)	Reflective (Transmissive no backlight)	-	10	23	35	72
	LED backlight	-	-	35	45	-
	CFL backlight	-	-	-	-	-
LED backlight	Forward current consumption (mA)	-	-	40	90	125
	Forward input voltage (V, typ.)	-	-	3.8	4.1	4.1
Notes for CFL	Mode	-	-	-	-	-
	Power supply voltage (V)	-	-	-	-	-
Current consumption (mA, typ.)			-	-	-	-

- built as DC/DC converter (single power source)

- Use with external temperature compensation circuit

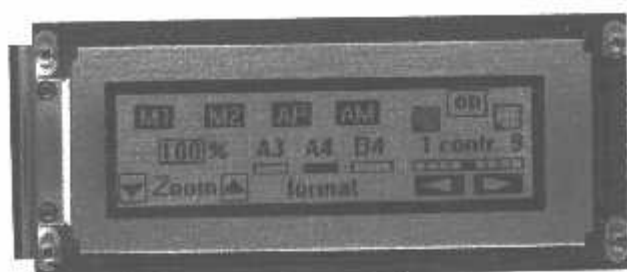
- as our policy is one of continuous improvements we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.

Dot format (HxV dot)			240 x 24	240 x 128	320 x 200	320 x 240	640 x 200
Model			G244B	G242C	G321D	G324E	G640D
STN type (Gray mode)	Reflective	built-in RAM	-	-	-	-	-
	Reflective with lens	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight wide temp	built-in RAM	-	-	-	-	-
FSTN type (B&W mode)	Transmissive	built-in controller	G2446X5R1A05	G242CX5R1ACS	G321DX5R1A05	G324EX5R1A05	G640EX5R1A05
	with CFL backlight	built-in controller	G2446X5R1A05	G242CX5R1A05	G321DX5R1A05	G324EX5R1A05	G640EX5R1A05
	Transmissive	built-in RAM	-	-	-	-	-
	LED backlight	built-in RAM	-	-	-	-	-
Module size (H x V x T) mm	Reflective (no backlight)						
	LED backlight		191.0 x 79.0 x 15.1	180.0 x 110.0 x 15.1	186.0 x 134.0 x 15.1	186.0 x 134.0 x 15.1	280.0 x 122.0 x 15.1
	CFL backlight		134.0 x 41.0	134.0 x 76.0	128.0 x 110.0	128.0 x 110.0	216.0 x 83.0
	Viewing area (HxV) mm		0.49 x 0.49	0.47 x 0.47	0.34 x 0.48	0.32 x 0.39	0.30 x 0.30
Dot size (H x V) mm			0.53 x 0.53	0.51 x 0.51	0.38 x 0.52	0.36 x 0.43	0.30 x 0.36
Dot pitch (H x V) mm			+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
Power supply voltage (V)			(VDD - VSS)	(VLC - VSS)	-24.0	24.0	-24.0
Current consumption			IDD	12	20	8	23
			IDD (built-in controller)	15	40	23	23
			PLC	-	-	6	6.5
Driving method (duty)			1/64	1/128	1/200	1/240	1/200
Built-in LSI	Driver	MSM5298	MSM5298	K50103	MSM5298	HD66204	MSM5298
		MSM5299	MSM5299	K50104	MSM5299	HD66205	MSM5299
	Controller	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent	or equivalent
		SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB	SED1330FB
Operating temperature range (°C)			0 to +50	0 to +50	0 to +50	-20 to +60	-20 to +60
Storage temperature range (°C)			-20 to +80	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
Weight (g, mm)	Reflective (Transmissive no backlight)		-	-	-	-	-
	LED backlight		-	-	-	-	-
	CFL backlight		200	280	350	350	420
LED backlight	Forward current consumption (mA)		-	-	-	-	-
	Forward input voltage (V, typ.)		4900210	4900210	4900210	4900210	4900210
Driver for CFL	Mode		+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+12.0
	Power supply voltage (V)		250	350	365	365	390
	Current consumption (mA, typ.)		-	-	-	-	-

*1 : built-in DC/DC converter (single power source)

*2 : Use with external temperature compensation

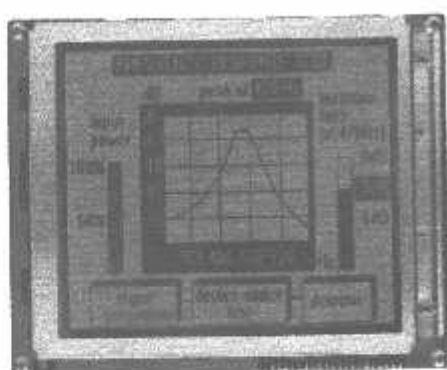
Since our price is one of continuous improvements, we reserve the right to change the specifications of the products in the catalogue without notice.



G2446



G1226



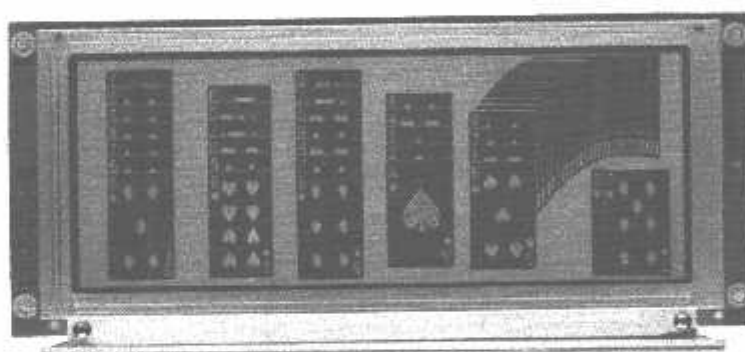
G321D



G1216



G1213



G649D



G242C



G324E

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

74HC/HCT132 **Quad 2-input NAND Schmitt trigger**

Product specification
File under Integrated Circuits, IC06

September 1993

Philips
Semiconductors



PHILIPS

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

FEATURES

- Output capability: standard
- I_{CC} category: SSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT132 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT132 contain four 2-input NAND gates which accept standard input signals. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals.

The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive voltage V_{T+} and the negative voltage V_{T-} is defined as the hysteresis voltage V_H.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; t_r = t_f = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t _{pHL} / t _{pLH}	propagation delay nA, nB to nY	C _L = 15 pF; V _{CC} = 5 V	11	17	ns
C _I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C _{PD}	power dissipation capacitance per gate	notes 1 and 2	24	20	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$$
 where:

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

∑ (C_L × V_{CC}² × f_o) = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}

For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} - 1.5 V

ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 4, 9, 12	1A to 4A	data inputs
2, 5, 10, 13	1B to 4B	data inputs
3, 6, 8, 11	1Y to 4Y	data outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V _{CC}	positive supply voltage

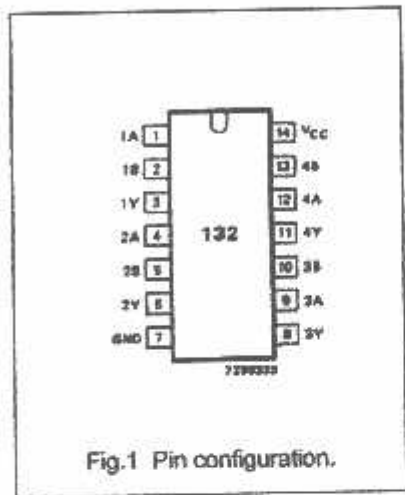


Fig.1 Pin configuration.

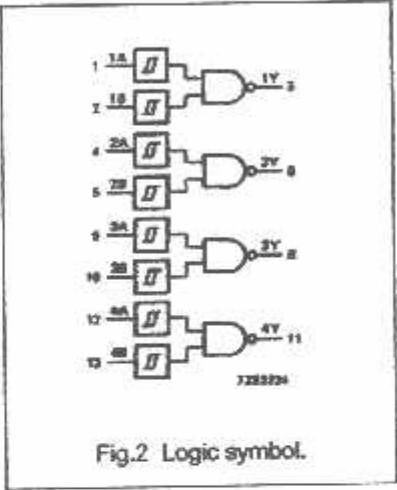


Fig.2 Logic symbol.

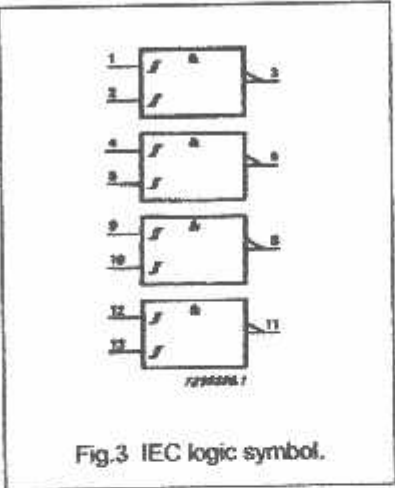


Fig.3 IEC logic symbol.

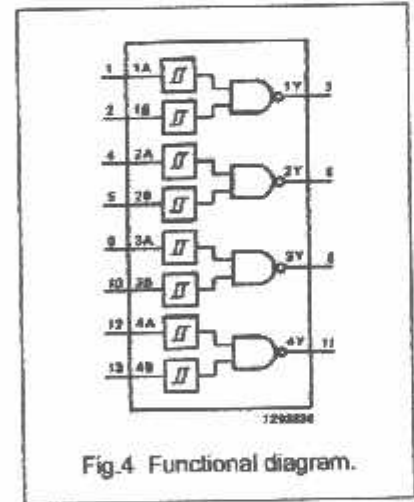


Fig.4 Functional diagram.

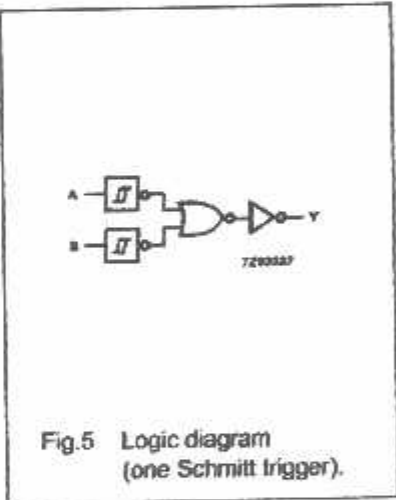


Fig.5 Logic diagram (one Schmitt trigger).

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
nA	nB	nY
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

Notes

1. H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

APPLICATIONS

- Wave and pulse shapers
- Astable multivibrators
- Monostable multivibrators

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications". Transfer characteristics are given below.

Output capability: standard
I_{CC} category: SSI

Transfer characteristics for 74HC
Voltages are referenced to GND (ground = 0 V)

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC									V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
V _{T+}	positive-going threshold	0.7	1.18	1.5	0.7	1.5	0.7	1.5	V	2.0	Figs 6 and 7	
		1.7	2.38	3.15	1.7	3.15	1.7	3.15		4.5		
		2.1	3.14	4.2	2.1	4.2	2.1	4.2		6.0		
V _T	negative-going threshold	0.3	0.63	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	V	2.0	Figs 6 and 7	
		0.9	1.67	2.2	0.9	2.2	0.9	2.2		4.5		
		1.2	2.26	3.0	1.2	3.0	1.2	3.0		6.0		
V _H	hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	0.2	0.55	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	V	2.0	Figs 6 and 7	
		0.4	0.71	1.4	0.4	1.4	0.4	1.4		4.5		
		0.6	0.88	1.6	0.6	1.6	0.6	1.6		6.0		

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC								V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 TO +85		-40 TO +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nA, nB to nY		36	125		155		190	ns	2.0	Fig.13
			13	25		31		38			
			10	21		26		32			
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time		19	75		95		110	ns	2.0	Fig.13
			7	15		19		22			
			6	13		16		19			

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications". Transfer characteristics are given below.

Output capability: standard
I_{CC} category: SSI

Notes to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
nA, nB	0.3

Transfer characteristics for 74HCT

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V)

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT									V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
V _{T+}	positive-going threshold	1.2	1.41	1.9	1.2	1.9	1.2	1.9	V	4.5	Figs 6 and 7	
		1.4	1.59	2.1	1.4	2.1	1.4	2.1		5.5		
V _{T-}	negative-going threshold	0.5	0.85	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	V	4.5	Figs 6 and 7	
		0.6	0.99	1.4	0.6	1.4	0.6	1.4		5.5		
V _H	hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	0.4	0.56	—	0.4	—	0.4	—	V	4.5	Figs 6 and 7	
		0.4	0.60	—	0.4	—	0.4	—		5.5		

AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT								V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nA, nB to nY		20	33		41		50	ns	4.5	Fig.13
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Fig.13

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

TRANSFER CHARACTERISTIC WAVEFORMS

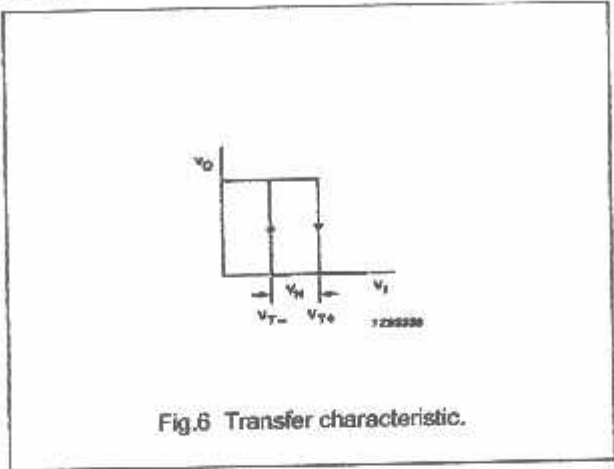


Fig.6 Transfer characteristic.

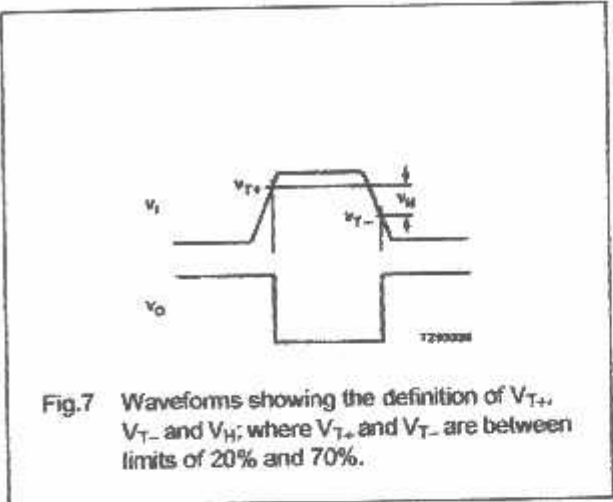


Fig.7 Waveforms showing the definition of V_{T+} , V_{T-} and V_M ; where V_{T+} and V_{T-} are between limits of 20% and 70%.

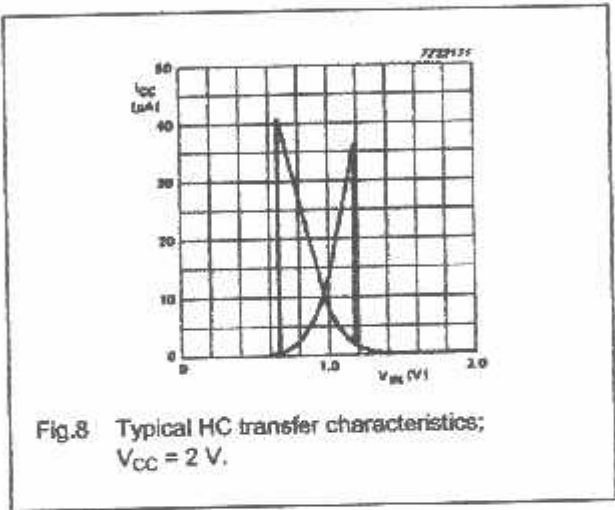


Fig.8 Typical HC transfer characteristics; $V_{CC} = 2\text{ V}$.

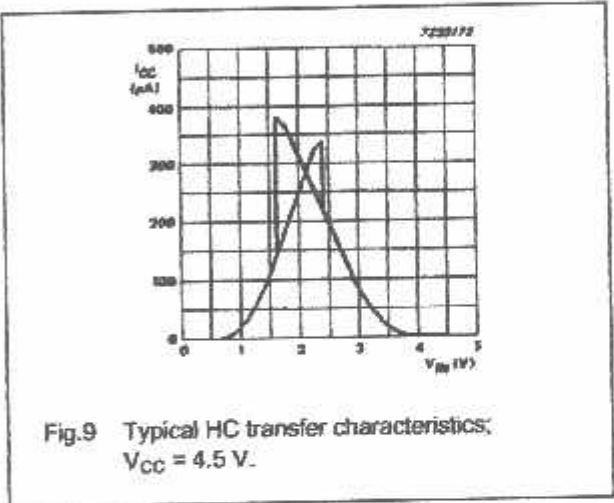


Fig.9 Typical HC transfer characteristics; $V_{CC} = 4.5\text{ V}$.

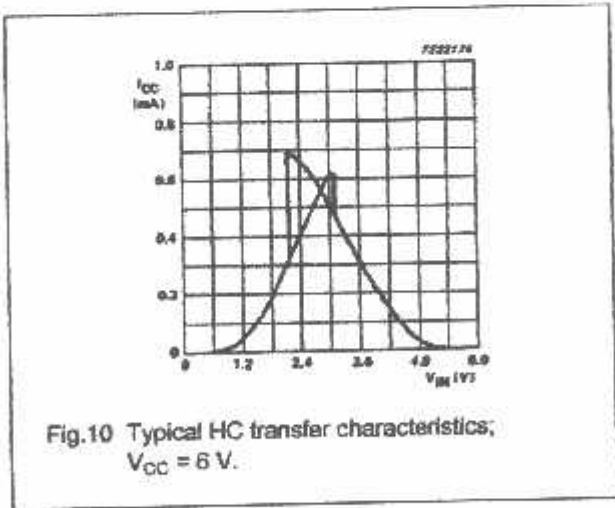


Fig.10 Typical HC transfer characteristics; $V_{CC} = 6\text{ V}$.

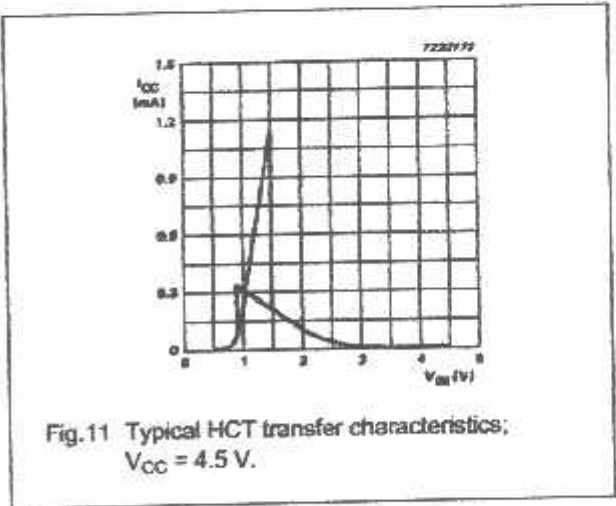


Fig.11 Typical HCT transfer characteristics; $V_{CC} = 4.5\text{ V}$.

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

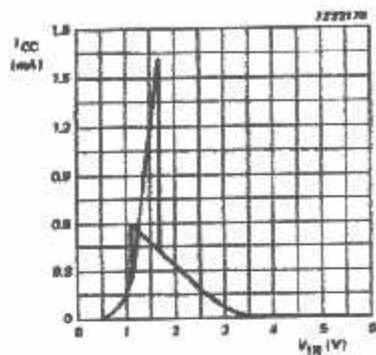
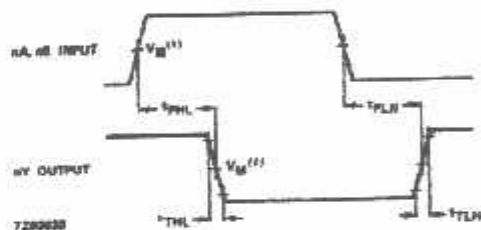


Fig.12 Typical HCT transfer characteristics; $V_{CC} = 5.5$ V.

AC WAVEFORMS



(1) HC : $V_{IH} = 50\%$; $V_{IL} = \text{GND to } V_{CC}$
HCT: $V_{IH} = 1.3$ V; $V_{IL} = \text{GND to } 3$ V.

Fig.13 Waveforms showing the input (nA, nB) to output (nY) propagation delays and the output transition times.

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

Application information

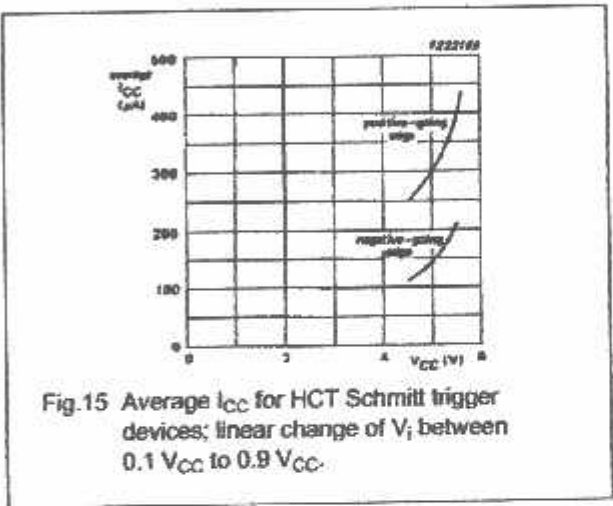
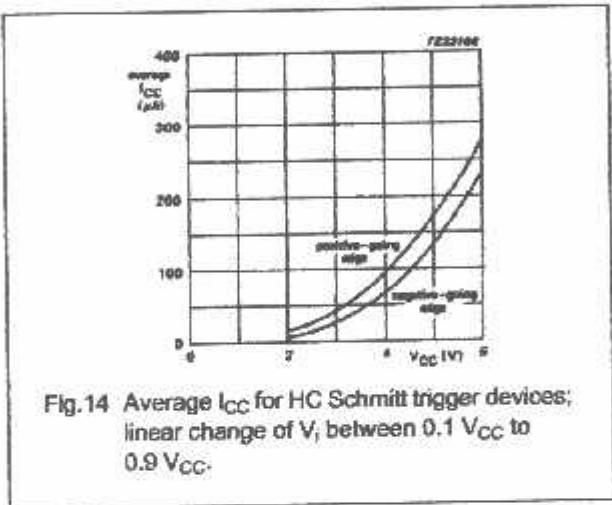
The slow input rise and fall times cause additional power dissipation, this can be calculated using the following formula:

$$P_{ad} = f_i \times (t_r \times I_{CCa} + t_f \times I_{CCa}) \times V_{CC}$$

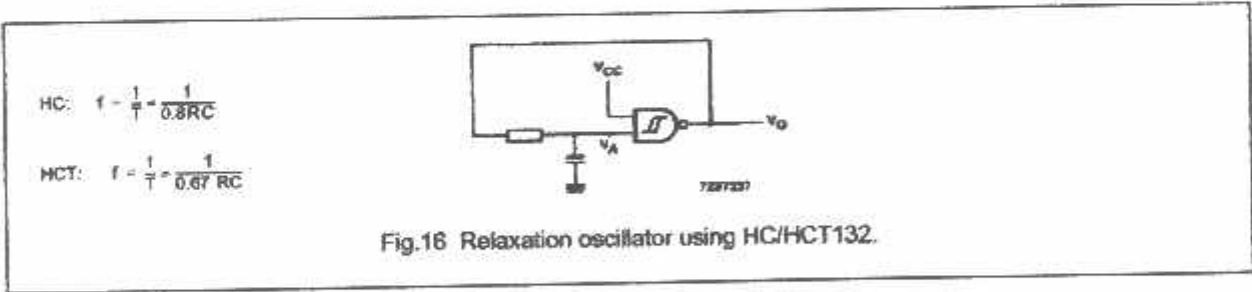
Where:

- P_{ad} = additional power dissipation (μW)
- f_i = input frequency (MHz)
- t_r = input rise time (ns); 10% – 90%
- t_f = input fall time (ns); 10% – 90%
- I_{CCa} = average additional supply current (μA)

Average I_{CCa} differs with positive or negative input transitions, as shown in Figs 14 and 15.



HC/HCT132 used in a relaxation oscillator circuit, see Fig.16.



Note to Application information

All values given are typical unless otherwise specified.

PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".